



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский университет ИТМО»
(Университет ИТМО)

Кронверкский пр-т, д. 49, лит. А,
Санкт-Петербург, Россия, 197101
Тел.: (812) 480-00-00 | Факс: (812) 232-23-07
od@itmo.ru | itmo.ru

Отзыв

на диссертационную работу Толкачева Ивана Андреевича «Численное моделирование многопереходных фотопреобразователей оптического излучения», представленной на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.11 — физика полупроводников.

Работа И. А. Толкачева отличается научной новизной и практической значимостью, что делает её ценным материалом для научного и образовательного процессов. Диссертация может служить образцом грамотного построения научного исследования: от обзора литературы и постановки задачи до разработки моделей, их проверки и демонстрации применимости результатов. Такой подход особенно полезен для студентов и аспирантов, осваивающих методы численного моделирования в физике полупроводников и фотопреобразователей.

Актуальность темы обусловлена растущей потребностью в эффективных фотоэлектрических преобразователях, работающих в фотовольтаическом режиме в самых разных областях техники — от радиофотоники до биомедицины. Существующие фотопреобразователи с одним фотоактивным р-п переходом имеют принципиальные физические ограничения, а альтернативные способы увеличения генерируемого, например, напряжения сложны и малоэффективны. Предлагаемые в работе многопереходные монокристаллические структуры представляют собой более перспективное решение, однако их мультистабильность требует тщательного анализа и прогнозирования режима работы. Исследование И. А. Толкачева направлено на преодоление этих трудностей и даёт новые инструменты для проектирования и создания таких монокристаллических многопереходных фотопреобразователей.

Структура работы логична и последовательна. Введение содержит корректное обоснование актуальности, чёткие формулировки целей, задач и защищаемых положений. Первая глава представляет собой подробный обзор литературы, позволяющий оценить место работы в современном научном контексте. Вторая глава посвящена однопереходному ФП для радиоизотопного источника и выполняет двойную функцию: решает прикладную задачу и формирует методологическую основу для дальнейшего моделирования многопереходных фотопреобразователей. Третья глава раскрывает физику двух- и трёхпереходных фотопреобразователей в стационарном режиме и содержит важный результат – доказательство существования двух устойчивых состояний преобразователя, соответствующих разным ветвям ВАХ туннельного диода. Четвёртая глава посвящена импульсному режиму и показывает, что при воздействии субнаносекундных импульсов тока смещения в соединительных переходах доминируют над туннельными токами. Это не только упрощает моделирование многопереходных фотопреобразователей с n -числом субэлементов, но и открывает возможности для оптимизации технологии их изготовления. Пятая глава демонстрирует применимость многопереходных фотопреобразователей в составе СВЧ-модулей для генерации биполярных электрических импульсов и подтверждает работоспособность подхода сопоставлением расчётов с экспериментом.

Научная новизна работы проявляется в ряде ключевых результатов: впервые учтено влияние ВАХ туннельных диодов при моделировании многопереходных фотопреобразователей, раскрыта природа их мультистабильности (до 2^{m-1} состояний для m субэлементов), а также впервые показано, что в импульсном режиме туннельные эффекты становятся несущественными из-за преобладания токов смещения. На этой основе впервые выполнено моделирование шести- и двенадцатипереходных МФП и предложены методы поддержания эффективности при увеличении числа переходов. Практическая ценность подкреплена конкретными рекомендациями по конструкции многопереходных фотопреобразователей и демонстрацией их эффективности в СВЧ-модулях.

Достоверность выводов обеспечена строгой теоретической базой, проверенными численными методами и согласованностью с экспериментом. Результаты опубликованы в рецензируемых изданиях и докладывались на международных конференциях.

К работе имеются отдельные замечания уточняющего характера. В какой пространственной размерности (одномерной или двумерной) была реализована расчётная модель, использованная для решения поставленной задачи? Следует обосновать выбор источников данных для сопоставления с расчётными результатами: необходимо указать, какие из привлечённых публикаций содержат экспериментальные (а не только численные) данные. Как соотносятся значения КПД с теоретическими пределами для

рассматриваемых материалов и спектров? Проведён ли такой сравнительный анализ, и если нет – почему?

Высказанные замечания не ставят под сомнение основные научные результаты и общую высокую оценку диссертационного исследования. Работа И. А. Толкачева характеризуется высоким уровнем проработки темы, оригинальностью полученных результатов и их практической ценностью. Объём проведённых исследований и степень личного участия автора соответствуют предъявляемым к кандидатским диссертациям критериям.

Считаю, что диссертационная работа Толкачева Ивана Андреевича "Численное моделирование многопереходных фотопреобразователей оптического излучения" отвечает всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.11 "Физика полупроводников" согласно Положению о присуждении ученых степеней в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Физико-техническом институте им. А. Ф. Иоффе Российской академии наук, а ее автор Толкачев Иван Андреевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук.

Фурасова Александра Дмитриевна

Кандидат физико-математических наук,
Старший научный сотрудник,
Лаборатория гибридной нанофотоники и оптоэлектроники
Физический факультет Университета ИТМО
aleksandra.furasova@itmo.ru

Дата: 14.08.2026

Подпись Фурасовой А.Д.
удостоверено
Директор ОПС
Лопатинский В.В.

