



**Акционерное общество
«Научно - производственное
предприятие «ЭЛАР»**

АО «НПП «ЭЛАР»

пр. Тореца д.68, лит.А, пом.9Н

г. Санкт-Петербург, 194223

тел.: +7(812) 552-57-54

факс: +7(812) 552-28-76

e-mail: mail@npp-elar.ru

http:// www.npp-elar.ru

ОКПО 82231290 ОГРН 1077847626988

ИНН 7802408171 КПП 780201001

_____ № _____

На № _____ от _____

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 посвящена актуальной теме, обусловленной растущей потребностью в разработке и создании эффективных фотоэлектрических преобразователях, работающих в фотовольтаическом режиме, имеющие разные области применения – от радиофотоники до биомедицины. Существующие однопереходные фотопреобразователи имеют принципиальные физические ограничения. Многопереходные монокристаллические фотопреобразователи на основе наногетероструктур представляют собой перспективное решение, однако возможность их мультистабильности существенно усложняет анализ и прогнозирование эффективного преобразования оптического излучения. Исследование И.А. Толкачева направлено на решение этих проблем и даёт новые инструменты для проектирования и создания таких устройств.

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 научно-технического исследования от обзора литературы и постановки задачи до разработки моделей, их проверки, сравнения с экспериментом и демонстрации применимости результатов.

Структура работы выстроена логично и последовательно. 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 однопереходным фотопреобразователям для длительного слаботокового радиоизотопного источника питания и выполняет двойную функцию: решает прикладную задачу и формирует методологическую основу для последующего 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 участкам прямой ВАХ туннельного диода. Четвёртая глава посвящена импульсному режиму и показывает, что при воздействии субнаносекундных импульсов токи смещения в соединительных переходах доминируют над туннельными токами. Это не только упрощает процесс моделирования многопереходных фотопреобразователей с большим числом субэлементов, но и открывает возможности для оптимизации технологии их изготовления. Пятая глава демонстрирует применимость 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 N -образной 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 менее существенными из-за преобладания токов смещения. На этой основе впервые выполнено численное моделирование шести- и двенадцатипереходных фотопреобразователей и предложены методы повышения эффективности при увеличении числа переходов. Практическая ценность подкреплена конкретными рекомендациями по конструкции 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 уточнить, какие из привлечённых публикаций содержат экспериментальные (а не только численные) данные.

Высказанные замечания не ставят под сомнение основные научные результаты и общую 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 учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.11 "Физика полупроводников" согласно Положению о присуждении учёных степеней в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Физико-техническом институте им. А.Ф.Иоффе Российской академии наук, а её автор Толкачев Иван Андреевич заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата физико-математических наук.

Заместитель генерального директора
- технический директор
АО «НПП «ЭЛАР», к.т.н.



М.В. Четвергов