

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Минтаирова Сергея Александровича «Многoperеходные гетероструктурные фотопреобразователи на основе материалов  $A^{III}B^V$  и германия, полученные методом МОС-гидридной эпитаксии», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.10 – физика полупроводников.

Твердые растворы на основе материалов  $A^3B^5$  и германия перспективны для создания методом МОС-гидридной эпитаксии высокоэффективных каскадных гетероструктурных фотоэлектрических преобразователей (ФЭП) с концентраторами солнечного излучения. В этой связи не вызывает сомнения актуальность темы диссертационной работы, целью которой являлась разработка научных основ МОС-гидридной эпитаксиальной технологии для создания высокоэффективных каскадных ФЭП различного назначения (космического и наземного).

Автором выполнен обширный комплекс исследований и разработок включающий: рассмотрение теоретических основ и технологии создания согласованных по параметру решетки каскадных ФЭП на основе GaInP/GaInAs/Ge, пригодных к промышленному производству; разработку комплексных методов анализа КСЭ и моделирования их параметров для выявления факторов, ограничивающих эффективность их преобразования; выявление факторов, лимитирующих работу КСЭ, и разработку путей снижения их влияния за счет изменения, как дизайна структуры, так и технологии создания КСЭ; разработку структур КСЭ, применяемых для преобразования солнечного излучения с различным спектральным составом (космический и наземный спектры); выявление структурных особенностей КСЭ для преобразования слабо, средне и сильно концентрированного солнечного излучения.

В результате выполненных исследований и разработок сформулированы критерии выбора материалов, представлены результаты исследований однопереходных ФЭП на основе Ge, GaAs и GaInP, проведены расчеты спектральных характеристик таких ФЭП, экспериментально показана возможность получения эффективных ФЭП на основе Ge, рассчитаны коэффициенты собирания носителей из эмиттерных и базовых слоев субэлементов GaInP/GaAs/Ge КСЭ n-p полярности. Показано, что при создании GaInP ФЭП p-n полярности возникает потенциальный барьер на границах контактный слой/широкозонное окно/эмиттер, проявляющийся в наличии перегибов на ВАХ и в падении КПД.

В работе выявлена перспективность разработки структуры GaInP/GaInAs/Ge n-p полярности, рассмотрены фотоэлектрические параметры ФЭП с оптимизированной структурой и возможности дальнейшего улучшения этих параметров. Хочется подчеркнуть, что исследование имеет практическую значимость заключающуюся в разработке и оптимизации конструкции каскадных солнечных элементов на основе

изопериодичных полупроводниковых материалов GaInP/GaInAs/Ge пригодных к крупномасштабному производству и разработке технологии создания таких КСЭ с параметрами находящимися на уровне лучших достояний в этой области.

Что касается замечаний, то в автореферате не приводятся зонные диаграммы при рассмотрении вариантов структуры с различными конфигурациями интерфейсов.

Положения и выводы, сформулированные в диссертации, следуют из приведенных материалов работы, обоснованы и достоверны.

Основные результаты, полученные в диссертации, прошли успешную апробацию, они доложены на весьма представительных конференциях, опубликованы в ведущих научных журналах, в монографии и патентах РФ.

Работа С.А. Минтаирова полностью удовлетворяет всем требованиям ВАК к кандидатским диссертациям, а её автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.10 – физика полупроводников.

Заведующий кафедрой физики  
Волгодонского инженерно-технического института  
филиала Национального исследовательского  
ядерного университета МИФИ,  
доктор физико-математических наук,  
профессор

В.И. Ратушный

Кандидат физико-математических наук

А.Ю. Рыбальченко

Подписи Ратушного В.И. и Рыб  
Начальник отдела кадров

олю

Р.Н. Пономарев