

## **ОТЗЫВ**

### **на автореферат диссертации**

Смирнова Константина Яковлевича

«Фотоприемные устройства коротковолнового инфракрасного диапазона с фотокатодом на основе гетероструктур InP/InGaAs/InP»

на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности

1.3.2 «Приборы и методы экспериментальной физики»

### **Актуальность темы**

Актуальность избранной диссертантом темы не вызывает сомнений, поскольку современные проблемы создания высокочувствительных фотоприемных систем для ИК детекторов, таких как приборы ночного видения (ПНВ) и др., являются одними из приоритетных задач современного приборостроения, как промышленной, так и стратегической направленности. Актуальность выбранной темы согласуется, в том числе, с Указом Президента Российской Федерации об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации № 623 от 16.12.2015. Это дает основание утверждать, что научная цель диссертации и решение задач, определенных для ее достижения позволит обеспечить детектирование объектов с более высокой точностью, а так же повысить технические характеристики означенных систем.

### **Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций**

Автор достаточно корректно использует известные научные подходы для создания фотодетекторов для коротковолнового инфракрасного диапазона. вакуумного гибридного фотодетектора. Выносимый на защиту метод параллельной оценки чувствительности гибридного фотоэлектронного прибора, а также метод оценки быстродействия и коэффициента усиления и методика получения высокой степени атомарной чистоты поверхности полупроводниковых структур на основе InP достаточно обоснованы. При помощи созданного автором фотокатода и макетов фотодетекторов проведены экспериментальные исследования, подтверждающие правильность теоретических положений. Полученные результаты являются новыми, ранее не опубликованными в известной мне литературе.

Обоснованность результатов, выдвинутых соискателем, основывается на согласованности данных эксперимента и научных выводов. Так в результате предварительных исследований обоснован выбор коротковолнового инфракрасного диапазона в качестве полосы спектральной чувствительности для разрабатываемого фотодетектора. Полученные результаты позволили выполнить теоретическое описание физических процессов и на практике реализовать фотокатод для спектрального диапазона 0,9-1,7 мкм. Результаты экспериментов позволили разработать новый метод очистки полупроводниковых структур с использованием трехстадийного травления. Предложенный метод позволяет получать ранее не достижимую чистоту поверхности образцов. Это позволило создать преобразователя фотоэлектронов в виде линейки рп-диодов. Для оценки чувствительности линейных массивов диодов к фотоэлектронам разработана соответствующая методика.

Полученные результаты экспериментов показали не только улучшение быстродействия преобразователя, но и большой коэффициент усиления. Полученные результаты позволили изготовить ряд опытных образцов гибридного фотодетектора. При этом использование проксимити фокусировки, сверхвысокого вакуума в корпусе и спекание в графитовой форме стеклянной массы и коваровых вводов позволили отказаться от электронной оптики, что привело к значительному упрощению конструктивна прибора. Исследование полученной линейки приборов показало достижение высокой чувствительности на всех диодных элементах.



### **Оценка новизны и достоверности**

В качестве новых научных результатов диссертантом выдвинуты следующие положения:

- результаты исследований позволяют сформировать эффективную фотокатодную структуру, чувствительную в коротковолновом инфракрасном диапазоне;
- отработан процесс формирования отрицательного электронного сродства на поверхности фотокатода;
- предложена методика очистки поверхности фотокатодной структуры посредством совмещения методов химического травления и вакуумного отжига;
- приведена конструкция и методы оценки параметров электронно-чувствительного кремниевого детектора на основе линейного массива  $\text{pIn}$ -диодов, с высокими показателями быстродействия;
- обоснована перспективность использования фотокатодной гетероструктуры  $\text{InP/InGaAs/InP}$  в качестве основной части неохлаждаемых фотоприемных систем инфракрасного диапазона.

Результаты, представленные на защиту, согласуются с данными, полученными в результате экспериментов.

В целом, результаты, полученные автором, являются новыми научными знаниями в области экспериментальной физики и приборостроения.

Положения теории основываются на известных достижениях фундаментальных и прикладных научных дисциплин: физике, математике и математической статистике и методах описания подобных систем. В работе диссертант грамотно использует математический аппарат, корректно вводит новые понятия.

Основные результаты диссертации опубликованы в 18-ти печатных работах, в том числе в 4-х научных журналах, рекомендованных ВАК, 14 в изданиях, индексируемых в международных наукоемких базах SCOPUS, получен патент на изобретение. Так же результаты докладывались и неоднократно обсуждались на различных конференциях и получили одобрение ведущих специалистов.

### **Общие замечания по автореферату диссертации**

1. На мой взгляд, в тексте автореферата следовало бы детально выделить положения научной новизны исследований, указав те несомненные преимущества, которые то или иное положение предоставляет.

2. Некоторые рисунки, например Рис. 4 и 5 имеют плохо видимые надписи, которые без особого ущерба могут быть увеличены.

Отмеченные недостатки не снижают качества исследований и не влияют на главные теоретические и практические результаты.

### **Заключение**

Судя по тексту автореферата и доступным публикациям, диссертация является законченной научно-исследовательской работой, выполненной автором самостоятельно на высоком научном уровне. В тексте автореферата приведены научные результаты, позволяющие их квалифицировать как новое решение задачи, имеющей существенное значение для соответствующей отрасли знаний. Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы.

На мой взгляд, работа базируется на достаточном числе исходных данных, примеров и расчетов. Текст автореферата написан доходчиво, грамотно и довольно аккуратно оформлен. По каждой главе и работе в целом сделаны четкие выводы.

На основании вышеизложенного считаю, что диссертационная работа отвечает требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней и присвоения ученых званий» ВАК РФ, а ее автор Смирнов Константин Яковлевич заслуживает присуждения

