

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации А. Ф. Цацульникова

«Светоизлучающие III-N гетероструктуры с трёхмерной локализацией носителей заряда»,  
представленной на соискание учёной степени доктора физико-математических наук.

Специальность 01.04.10 – «Физика полупроводников».

Диссертационная работа Цацульникова А.Ф. направлена на решение актуальной научной и практически значимой задачи, связанной с созданием центров трехмерной локализации носителей в светоизлучающих III-N гетероструктурах, которые определяют оптические свойства активных областей наиболее востребованных приборов на основе нитрида галлия - белых светодиодов.

Автореферат содержит результаты большой экспериментальной работы по исследованию методов эпитаксиального роста квантовых ям InGaN, позволяющих в процессе роста контролируемо изменять их структурные и оптические свойства. В результате был предложен комплекс методов, основанных как на контроле технологических параметров (прерывания роста, газовая атмосфера и давление в реакторе) так и с использованием специализированного дизайна многослойных гетероструктур (композитные InAlN/InGaN и субмонослойные гетероструктуры), позволяющий формировать квантовые ямы InGaN, обладающие принципиально различными структурными свойствами. Была показана возможность получения как однородных по составу квантовых ям InGaN, имеющих узкие линии излучения, или изолированных островков InGaN. При этом распределение индия внутри островков также является неоднородным и показано формирование локальных обогащенных атомами индия областей размерами несколько нанометров, которые характеризуются дельта-образной плотностью состояний, то есть представляют собой квантовые точки, которые изолированы между собой и характеризуются подавленным транспортом электронов и дырок между ними. Светоизлучающие гетероструктуры с активной областью на основе островков и квантовых точек позволили реализовать высокую эффективность излучения за счет подавления транспорта носителей к областям дефектов, плотность которых высока в структурах на основе нитрида галлия. На основе разработанных технологических методов управления структурными параметрами квантовых ям InGaN был предложен оригинальный метод создания короткопериодных сверхрешеток InGaN/GaN. Был разработан дизайн активных областей и созданы светодиоды синего и желто-зеленого диапазона, обеспечивающие высокую внутреннюю эффективность излучения.

Особо следует подчеркнуть заслугу автора в разработке белых светодиодов с монолитной активной областью, излучающих на длинах волн 430-435 нм и 460-490 нм, с использованием коммерческой люминофорной панели. Полученные на таких светодиодах спектральные характеристики и крайне высокий индекс цветопередачи  $Ra(8)=98.6$  и  $Ra(14)=97.4$  позволяют рекомендовать их в качестве эталонных светодиодных источников излучения в фотометрии.

Работа Цацульникова А.Ф. выполнена на высоком научно-техническом уровне, достоверность результатов и выводов не вызывает сомнения. Результаты работы опубликованы в 51 печатной работе и обсуждены на ряде международных и всероссийских научных конференциях.

Из автореферата следует, что диссертационная работа по актуальности, научной новизне и практической значимости полностью удовлетворяет требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени доктора физико-

математических наук по специальности 01.04.10 Физика полупроводников, а ее автор Цапульников Андрей Федорович несомненно заслуживает присуждения ему искомой ученой степени.

Заведующий центром «Полупроводниковые технологии и лазеры»,  
Государственное научное учреждение  
«Институт физики имени Б.И. Степанова  
Национальной академии наук Беларуси»  
пр. Независимости, 68-2,  
г. Минск, 220072 Беларусь.  
док. Физ.-мат. наук, профессор

Яблонский Геннадий Петрович

Заместитель заведующего центром  
«Полупроводниковые технологии и лазеры»,  
Заведующий отраслевой лабораторией  
«Молекулярно пучковой эпитаксии  
нитридных гетероструктур»,  
Государственное научное учреждение  
«Институт физики имени Б.И. Степанова  
Национальной академии наук Беларуси»  
пр. Независимости, 68-2,  
г. Минск, 220072 Беларусь.  
канд. физ.-мат. наук, доцент

Луценко Евгений Викторович

Подписи Яблонского Геннадия Петровича и Луценко Евгения Викторовича заверяю:

Ученый секретарь,  
Государственное научное учреждение  
«Институт физики имени Б.И. Степанова  
Национальной академии наук Беларуси»  
пр. Независимости, 68-2,  
г. Минск, 220072 Беларусь.  
канд. физ.-мат. наук

Жарникова Екатерина Сергеевна