

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **Усова Сергея Олеговича**

**«Гетероструктуры для светодиодов видимого диапазона и транзисторов с высокой подвижностью электронов на основе квантоворазмерных слоев InGaN, InAlN и короткопериодных сверхрешеток InGaN/GaN»**, представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.10 – «Физика полупроводников»

Прорыв в технологии производства светоизлучающих диодов на основе III-нитридов сделал возможным создание высокоэффективных источников белого света на основе светодиодов, преобразующих коротковолновое излучение синего или УФ диапазона в длинноволновое излучение с помощью люминофорных покрытий. Для преодоления недостатков люминофорных белых светодиодов и создания перспективных источников белого света, основанных на смешивании излучения отдельных светодиодов различного диапазона (RGB белые светодиоды) или монолитных белых светодиодов, содержащих в активной области слои, излучающие в различных областях спектра, смешивание которых дает белый свет, необходимо получение высокоэффективных светодиодов, излучающих в интервале длин волн от 540 до 600 нм.

В автореферате Усова С.О. приведены результаты исследований свойств светодиодных гетероструктур на основе нитрида галлия, излучающие во всем видимом диапазоне длин волн от синего до красного, имеющие различную конструкцию для разных спектральных диапазонов и выращенных с помощью различных технологических подходов промышленным методом газовой эпитаксии. Необходимо отметить, что основное внимание уделено различным подходам к конструкции гетероструктур и методам изменения морфологии слоев InGaN в активной области светодиодов непосредственно при эпитаксиальном росте на традиционных подложках сапфира ориентации [0001]. Это позволяет получать гетероструктуры с различной длиной волны без использования дорогостоящих подложек нитрида галлия различной ориентации и без применения дополнительных пост-ростовых операций. Эти факторы определяют не только научный, но и практический потенциал разработанных технологий.

Необходимо отметить оригинальную часть, посвященную свойствам короткопериодных сверхрешеток InGaN/GaN, сформированных с помощью интересного метода конвертации слоя InGaN в GaN при периодических прерываниях роста толстого слоя InGaN в водородсодержащей атмосфере. Использование таких сверхрешеток вблизи области p-легирования позволило увеличить внешнюю квантовую эффективность

излучения светодиодов синего диапазона (440 – 460 нм) за счет снижения концентрации атомов Mg в активной области. Приведены результаты исследований активной области светодиодов желто-зеленого диапазона, содержащей короткопериодную сверхрешетку с тремя периодами InGaN/GaN общей толщиной 24 нм и слой GaN, выращенный при пониженной температуре, под квантоворазмерным слоем InGaN с высоким содержанием индия. Для светодиодов, собранных в флип-чип геометрии, достигнута эффективность излучения в диапазоне длин волн от 530 до 560 нм, превышающая современный уровень. Изучены свойства оригинальных композитных InGaN/GaN/InAlN гетероструктур в активной области светоизлучающих диодов, позволивших реализовать излучение в красной области спектра (620 нм). Полученные результаты были использованы для получения монолитных дихромных белых светодиодов и разработанные подходы могут быть применены для дальнейшего улучшения их свойств с целью получения параметров, соответствующих и превышающих уровень белых светодиодов на основе люминофоров.

Судя по автореферату, автором выполнено обстоятельное обширное исследование, в рамках которого получен целый ряд новых научных и практически важных результатов, отвечающих поставленным в работе целям и задачам. Результаты диссертационной работы Усова С.О. опубликованы в отечественных и зарубежных журналах и представлены на отечественных и международных конференциях.

Автореферат диссертации Усова С.О. полностью соответствует требованиям, предъявляемым ВАК РФ к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а Усов Сергей Олегович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.10 - Физика полупроводников.

Директор по научной работе

ОАО «ИНТЕР РАО

Светодиодные системы», к.ф.-м.н

Бауман Дмитрий Андреевич

« 15 » сентября 2016 г.