

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Цацульникова Андрея Фёдоровича «Светоизлучающие III-N гетероструктуры с трёхмерной локализацией носителей заряда» на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.10 – физика полупроводников.

Для развития науки и техники в современном мире требуются материалы с принципиально новыми свойствами, в частности, новые материалы для твердотельной электроники и оптоэлектроники на основе III-N-гетероструктур. Одной из наиболее актуальных является задача разработки новых методов эпитаксиального роста таких структур из материалов значительно различающихся по параметрам кристаллической решётки. В данной работе исследован подход, основанный на том, что при росте квантоворазмерных структур InGaN/GaN с многокомпонентными напряжёнными квантовыми ямами (КЯ) происходит фазовый распад, приводящий к неоднородному распределению атомов индия. В результате образуются локальные In-обогащённые области. В случае КЯ InGaN/GaN образование таких узкозонных локальных областей приводит к значительной модификации оптических свойств гетероструктур. Изменение свойств таких структур, важных для применения, возможно за счёт стимулирования или подавления процессов формирования In-обогащённых областей путём изменения методов и параметров эпитаксиального роста.

Целью работы являлась разработка экспериментальных методов формирования In-обогащённых областей в светоизлучающих структурах на основе III-N материалов, обеспечивающих трёхмерную локализацию носителей, методом газофазной эпитаксии из металлоорганических соединений, исследовании взаимосвязи условий роста и структурных и оптических свойств выращенных гетероструктур, и создании на основе разработанных методов новых типов гетероструктур для светоизлучающих приборов.

Научная новизна заключается в установлении впервые *in-situ* распада сплошной плёнки InGaN в массив изолированных островков за счёт изменения условий эпитаксиального роста: прерывания роста в азот-водородной атмосфере после осаждения плёнки InGaN и изменения давления при росте КЯ InGaN. Впервые проведено комплексное исследование влияния технологических параметров эпитаксиального роста КЯ InGaN (температуры, давления, потока индия, состава газовой атмосферы в реакторе) на формирование локальных In-обогащённых областей, в частности, на формирование квантовых точек (КТ). Также впервые предложен и изучен метод субмонослойного роста InGaN/GaN-структур. Впервые методом циклической конвертации слоя InGaN в GaN при прерываниях роста в азот-водородной атмосфере созданы короткопериодные сверхрешётки InGaN/GaN. Предложены и изучены гетероструктуры InGaN/GaN/InAlN, позволяющие расширить спектр излучения КЯ InGaN. Также впервые предложены и изучены светоизлучающие структуры, основанные на комбинации короткопериодных сверхрешёток InGaN/GaN. Практическая значимость работы заключается в возможности формирования различных КЯ InGaN, позволяющих контролировать длину волны и ширину линии излучения, подавлять транспорт носителей к центрам безызлучательной рекомбинации и, тем самым, создавать приборы с высокой эффективностью излучения. Разработанные технологии и конструкции активной области светодиодных структур позволили продемонстрировать высокую квантовую эффективность в диапазонах 430-460 и 540-560 нм. На основе монокристаллических структур созданы белые светодиоды, обеспечивающие предельные значения индекса цветопередачи, что соответствует лучшему мировому уровню.

Данная работа выполнена на высоком профессиональном уровне, основная часть работы выполнена соискателем лично, по материалам диссертации опубликовано 51 научная публикация, входящих в перечень Web of Science/Web of Knowledge. Результаты работы докладывались на международных конференциях.

Цацульников Андрей Фёдорович - крупный, хорошо известный широкому кругу специалистов, ученый мирового уровня.

Диссертация Цацульникова А.Ф. соответствует всем требованиям действующего положения ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.10 – физика полупроводников, а соискатель заслуживает присуждения искомой ученой степени.

Д.ф.-м.н., профессор,
Зав. лабораторией структурных и фазовых
превр. в конд. средах ИПМаш РАН,
Заслуженный деятель науки РФ,
Лауреат премии Президиума РАН
им. П.А. Ребиндера и премии СПбНИИ
и Правительства СПб им. А.Ф. Иоффе

Кукушкин С.А.

Кукушкин Сергей Арсеньевич, д.ф.-м.н., профессор
199178, Санкт-Петербург, В.О., Большой пр., д.61,
(812) 3214784, e-mail: sergey.a.kukushkin@gmail.com