

## Отзыв

### на автореферат диссертации Цацульникова А.Ф.

«Светоизлучающие III-N гетероструктуры с трехмерной локализацией носителей заряда», представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.10 – «Физика полупроводников»

Мировое производство изделий твердотельной оптоэлектроники на основе полупроводниковых соединений III-N за последние десятилетия демонстрирует непрерывный рост. Сейчас уже трудно представить современную жизнь без разнообразных устройств, использующих такие изделия (наружное и внутреннее освещение, мобильные телефоны, мониторы, автомобильная оптика, сигнальные устройства и т.п.), обеспечивающие высокую энергоэффективность, надежность, долговечность.

Однако, принципиальные трудности получения гетероструктур соединений III-N, связанные с различием параметров как отдельных эпитаксиальных слоев, образующих гетероструктуру, так и используемых подложек, не позволяют в полной мере использовать потенциальные возможности этого удивительного материала. В связи с этим вопросы создания новых подходов к эпитаксиальному росту нитридных гетероструктур, позволяющих расширить область их применения, повысить эффективность получаемых светодиодов, приобретают важное значение. Поэтому рассматриваемая диссертационная работа, направленная на разработку методов формирования In-обогащенных областей в нитридных гетероструктурах, получаемых МОС-гидридной эпитаксией, и создание новых типов гетероструктур для светоизлучающих приборов, несомненно, **актуальна.**

Основное внимание в работе было уделено ключевой проблеме создания новых типов гетероструктур – исследованию технологических аспектов управляемого формирования In-обогащенных областей в квантовых ямах (КЯ) InGaN. В ходе этих исследований автором получены результаты, обладающие

**научной новизной.** В частности, продемонстрирована *in-situ* трансформация сплошной КЯ InGaN в массив изолированных In-обогащенных островков, осуществляемая предложенными автором диссертации технологическими приемами; предложен и исследован метод субмонослойного роста, метод циклической конвертации слоя InGaN в GaN. На основании проведенных исследований созданы новые композитные гетероструктуры, а также светоизлучающие структуры, основанные на комбинации короткопериодных сверхрешеток и трансформированных в островки КЯ InGaN.

Результаты проведенных исследований и разработанные методы позволяют контролировать длину волны и ширину линии излучения светоизлучающих приборов, повысить эффективность их излучения, в том числе и в светодиодах синего и желто-зеленого диапазона. Это очевидно доказывает высокую **практическую значимость** выполненной работы.

К сожалению, имея богатый экспериментальный материал, автор не сделал попытки каким-то образом представить механизм влияния состава газовой фазы и других технологических факторов на формирование неоднородностей в слое InGaN, предложить возможную модель этого эффекта. Это позволило бы расширить фундаментальные представления о процессе формирования эпитаксиальных слоев сложных составов, а также усилило бы физико-математический аспект рассматриваемой работы.

Однако, это замечание ни в коей мере не снижает общей положительной оценки диссертационной работы Цацульникова А.Ф.

В целом, рассматриваемая диссертация является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований изложены новые научно обоснованные технические, конструктивные и технологические решения создания светоизлучающих гетероструктур на основе полупроводниковых соединений нитридов элементов III группы, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие одной из самых высокотехнологичных отраслей отечественной промышленности – твердотельной оптоэлектроники.

Таким образом, работа Цацульникова А.Ф. соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор заслуживает присвоения ему искомой ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.10 – «Физика полупроводников».

Заместитель генерального директора по развитию,  
кандидат технических наук

Цыпленков И.Н.

Подпись Игоря Николаевича Цыпленкова

«Элма-Малахит»

А.А. Арендаренко

АО «Элма-Малахит»: адрес: Россия, 124460, Москва, Зеленоград,  
проспект Панфиловский, д.10, пом.327, эт.2. к.39Г  
Тел. +7(499) 720-83-70

E-mail: icyplenkov@yandex.ru