

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Д. В. Нечаева «Плазменно-активированная молекулярно-пучковая эпитаксия гетероструктур $(Al,Ga)N/c-Al_2O_3$ для оптоэлектронных приборов среднего ультрафиолетового диапазона ($\lambda < 300$ нм)», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.10 – «Физика полупроводников».

Диссертационная работа Д. В. Нечаева посвящена развитию методов плазменно-активированной молекулярно-пучковой эпитаксии (ПА МПЭ), направленных на повышение структурного качества и улучшение характеристик оптоэлектронных приборов ультрафиолетового (УФ) диапазона. Актуальность направления подтверждается интенсивностью научно-исследовательских работ по данной тематике, которые ведутся во всем мире, и объясняется востребованностью полупроводниковых источников ультрафиолетового излучения для многих применений: системы очистки воздуха и воды, системы скрытой связи, системы записи и считывания информации высокой плотности, спектральный анализ и др. Удешевление технологии за счет использования гетероэпитаксиальных подложек при освоении ультрафиолетового диапазона является одной из основных задач нитридной электроники.

Целью диссертационной работы Д. В. Нечаева является исследование физико-химических процессов эпитаксиального роста методом ПА МПЭ, дефектообразования и легирования слоев в системе $(Al,Ga)N$. В работе установлено влияние различных условий роста на структурное качество и люминесцентные свойства, отработывалась технология поляризационного легирования. Был создан метод получения атомарно-гладких однородных слоев $AlGaN$ без металлических капель на поверхности за счет модулирования температуры роста; создан эффективный способ подавления генерации и распространения дислокаций за счет использования роста зародышевого слоя в режиме повышенной подвижности адатомов, а также применения тонких вставок GaN в буферном слое AlN ; отработан метод роста активной области с квантовыми ямами $AlGaN$ субмонослойной дискретной эпитаксией, который позволил ослабить квантоворазмерный эффект Штарка. Основными результатами проведенных исследований являются: получение буферных слоев AlN с плотностью проникающих дислокаций $\sim 3 \cdot 10^9$ см⁻² и слоев $AlGaN$ со среднеквадратичной шероховатостью ~ 0.4 нм; получение гетероструктур, продемонстрировавших при оптической накачке стимулированное излучение в диапазоне $\lambda = 258 - 290$ нм с пороговой плотностью мощности возбуждения $480 - 150$ кВт/см² соответственно; создание макетов образцов солнечно-слепых фотокаатода (длина волны пика $\lambda_{\text{макс}} = 226-280$ нм) и светодиода ($\lambda_{\text{макс}} = 280$ нм), а также УФ светодиода ($\lambda_{\text{макс}} = 270-275$ нм). Следует отметить также вклад автора в разработку комплекса аппаратных и программных средств для измерений картин дифракции отраженных быстрых электронов и их анализа, что важно для получения точной информации о состоянии поверхности во время роста.

Полученные в работе результаты являются новыми и, кроме научного, имеют также практическое значение, поскольку создание и оптимизация новых технологий эпитаксиального роста малодефектных гетероструктур на основе $AlGaN$ с высокой мольной долей AlN на гетероэпитаксиальных подложках

является необходимым условием появления дешевых и эффективных УФ оптоэлектронных приборов.

Диссертационная работа Д. В. Нечаева выполнена на современном научно-техническом уровне, достоверность результатов и выводов не вызывает сомнений.

По теме диссертации опубликовано 12 статей в авторитетных международных научных журналах. Результаты докладывались на ряде международных конференций, что подтверждает их новизну и научную значимость.

По автореферату работы можно сделать несколько замечаний, касающихся ошибок оформления, которые не снижают общей положительной оценки.

Считаю, что представленная диссертационная работа «Плазменно-активированная молекулярно-пучковая эпитаксия гетероструктур (Al,Ga)N/c-Al₂O₃ для оптоэлектронных приборов среднего ультрафиолетового диапазона ($\lambda < 300$ нм)» отвечает всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а Д. В. Нечаев заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности «Физика полупроводников».

**Ведущий научный сотрудник
Центра «Полупроводниковые
технологии и лазеры»
Института физики НАН Беларуси
канд. физ.-мат. наук, доцент**

_____ **В. Н. Павловский**