

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **Нечаева Дмитрия Валерьевича**

«Плазменно-активированная молекулярно-пучковая эпитаксия гетероструктур (Al,Ga)N/c-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> для оптоэлектронных приборов среднего ультрафиолетового диапазона ( $\lambda < 300$  нм)»,  
представленной на соискание степени кандидата физико-математических наук  
по специальности 01.04.10 – физика полупроводников.

Диссертационная работа Нечаева Дмитрия Валерьевича посвящена развитию технологии роста (Al,Ga)N гетероструктур на подложках сапфира методом плазменно-активированной молекулярно-пучковой эпитаксии для оптоэлектроники ультрафиолетового диапазона. В актуальности и целесообразности проведения представленных в диссертационной работе исследований сомнений не возникает. Поиск методов уменьшения плотности прорастающих дислокаций является ключевой задачей для повышения качества нитридных гетероструктур, выращиваемых на сапфировых подложках. Обеспечение атомарно-гладкой морфологии поверхности растущих слоев важно для снижения плотности дефектов и улучшения резкости гетерограниц в выращиваемых структурах.

Данная работа, безусловно, содержит новые результаты и вносит значительный вклад в развитие эпитаксии нитридов металлов третьей группы. В работе продемонстрирован широкий спектр технологических приёмов, направленных на улучшение структурных свойств и достижение заданных электрофизических параметров гетероструктур для оптоэлектроники ультрафиолетового диапазона: импульсная температурно-модулированная эпитаксия позволяющая формировать атомарно-гладкие слои тройных соединений; рост зародышевых слоев AlN на сапфире методом высокотемпературной эпитаксии с повышенной миграцией адатомов, позволяющим уменьшить плотность прорастающих дислокаций; фильтрация прорастающих дислокаций в буферном слое AlN за счет введения релаксированных слоев GaN с трехмерной морфологией; метод субмонослойной дискретной эпитаксии позволяющий формировать гетероструктуры с квантовыми ямами Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N/Al<sub>y</sub>Ga<sub>1-y</sub>N; поляризационное р-легирование слоев AlGa<sub>1-x</sub>N с высоким содержанием Al. Разработка алгоритмов анализа и статистической обработки картин дифракции отраженных быстрых электронов востребована для технологии молекулярно-пучковой эпитаксии.

Диссертационная работа охватывает широкий спектр применений технологии плазменно-активированной молекулярно-пучковой эпитаксии в области оптоэлектроники с демонстрацией конкретных приборных реализаций для ультрафиолетового диапазона.

Достоверность результатов работы обеспечивается применением современных экспериментальных методик и проверкой результатов на воспроизводимость.

Результаты диссертации докладывались на ведущих российских и международных конференциях, соответствующих тематике диссертации. Основные результаты работы достаточно полно представлены в публикациях в ведущих физических журналах в России и высокорейтинговых журналах за рубежом. Работы автора получили признание научным сообществом.

В качестве замечаний к автореферату хочется отметить, что

1. В автореферате и тексте диссертации недостаточно подробно описаны условия нитридации подложек сапфира и механизмы формирования полярности выращиваемых эпитаксиальных структур.

2. Из текста не ясно, каким образом реализована синхронизация измерений  $\alpha$ -параметра решётки с вращением образца, что важно для истинного *in situ* контроля.

Указанные замечания не уменьшают высокой научной ценности работы. В целом, диссертационная работа Нечаева Д. В. представляет собой обширное законченное исследование, выполнено на высоком научном уровне и полностью соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Нечаев Дмитрий Валерьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.10 – физика полупроводников.

к.ф.-м.н.,

н.с. Института физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН

Александров Иван Анатольевич

Адрес: 630090 г. Новосибирск, пр. Лаврентьева, 13

E-mail: alexsandrov@isp.nsc.ru, Тел: +7(383)330-44-75

Подпись Александрова И. А. удостоверяю

Ученый секретарь Института физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН

к.ф.-м.н.

Аржанникова С.А.