

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Малина Тимура Валерьевича «Эпитаксиальные слои GaN на кремниевых подложках для AlGaIn/GaN гетероструктур с высокой подвижностью электронов», представленной на соискание степени кандидата технических наук по специальности 1.3.11 – физика полупроводников.

Диссертационная работа Малина Т.В. посвящена исследованию ростовых процессов и разработке технологии роста Аз-нитридных гетероструктур на кремниевых подложках методом аммиачной молекулярно-пучковой эпитаксии, а именно: (i) борьбе с растрескиванием эпитаксиальных слоев в процессе постростового охлаждения, (ii) получению гладкой морфологии поверхности конечных гетероструктур и (iii) сравнению параметров ГЭС с 2DEG, синтезированных на подложках кремния и сапфира. С практической точки зрения совершенствование технологии роста Аз-нитридов на Si(111) представляет интерес для снижения себестоимости GaN-транзисторов и, соответственно, увеличения доступности GaN силовых высокочастотных (> 10 МГц) полупроводниковых приборов. Научная новизна работы состоит, главным образом, в детальном изучении влияния процесса нитридации поверхности подложки Si(111), т.е. самого начального этапа эпитаксии, на процесс образования трещин и плотность линейных дефектов в последующих эпитаксиальных слоях. Достоверность результатов работы обеспечивается применением современных экспериментальных методик и проверкой результатов на воспроизводимость.

Высокая квалификация соискателя Малина Т.В. подтверждается обширными и новыми результатами исследований процессов роста Аз-нитридных соединений на поверхности Si(111), полученными с помощью таких экспериментальных методов, как: атомно-силовая микроскопия, дифракция быстрых электронов на отражение, комбинационное рассеяние света, просвечивающая электронная микроскопия высокого разрешения и др.

Автореферат написан хорошим литературным языком, правильно оформлен и полностью раскрывает суть работы. Несомненным достоинством работы является тщательное описание методики подготовки образцов и контроля ростовых параметров, а также детальное описание и анализ экспериментальных результатов. Актуальность работы несомненна, все полученные результаты будут интересны широкому кругу специалистов.

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.

Вместе с тем необходимо отметить, что после прочтения автореферата остаётся непонятным, чем предложенный в работе оптический метод контроля температуры отличается и/или превосходит стандартный для МПЭ контроль температуры с помощью пирометрии. Также в автореферате недостаточно внимания уделяется исследованиям взаимодиффузии атомов металлов третьей группы и кремния при МПЭ синтезе Аз-нитридных соединений на поверхности Si(111).

Данные замечания не являются критическими и не уменьшают ценность представляемого на защиту научного материала. В целом, диссертационная работа Малина Т.В. представляет собой обширное законченное исследование, выполнена на высоком научном уровне и полностью соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Малин Тимур Валерьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.11 – физика полупроводников.

Мизеров Андрей Михайлович, 194021, Санкт-Петербург, ул. Хлопина, д.8, корпус 3, лит. А, тел. +7(921)312-76-22, andreymizerov@rambler.ru, федеральное государственное бюджетное

учреждение высшего образования и науки «Санкт-Петербургский национальный исследовательский Академический университет имени Ж.И. Алферова Российской академии наук», ведущий научный сотрудник лаборатории наноэлектроники, канд. физ.-мат. наук.

/Мизеров А. М./

Наверно

ор.

Проставил в совет 17.03.2025

Астерхан Д.И.