

## Отзыв

на автореферат диссертационной работы Трунькина Игоря Николаевича «Определение атомной структуры гетеросистем на основе  $A^3B^5$  комплексом методов электронной микроскопии», представленной на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – «Физика конденсированного состояния».

Исследование структурного состояния гетеросистем является актуальной задачей современной науки, так как в немалой степени физические свойства определяются микро- и наноструктурными особенностями их строения. Методы исследования тонкой структуры, прежде всего электронная микроскопия, непрерывно совершенствуются и очень востребованы, следовательно, их применение к изучению конкретных материалов также весьма актуальная задача.

В автореферате диссертации И.Н. Трунькина представлен цикл работ по исследованию гетеросистем  $A^3B^5$  современными методами электронной микроскопии, такими как просвечивающая растровая микроскопия высокого разрешения с использованием высокоуглового детектора темного поля и коррекции aberrаций, позволяющая исследовать интенсивность электронов, рассеянных от отдельных атомных колонок, и, таким образом, оценивать элементный состав, метод геометрической фазы для визуализации напряжений, а также энергодисперсионный рентгеновский микроанализ.

Автором проделан большой объем работы, исследованы несколько типов гетеросистем: гетеросистемы InGaAs на различных подложках с различным чередованием и конструкцией слоев, и низкотемпературные структуры GaAs, полученные при варьировании параметров молекулярно-лучевой эпитаксии,

легирования и термообработки. Научный и практический интерес представляют как используемые методы, так и исследуемые материалы.

Очевидно, что полученные результаты могут быть полезны для развития методов получения гетеросистем с целью совершенствования их структуры и, следовательно, электрофизических характеристик. Работа обладает новизной: впервые проведено сравнение гетеросистем, выращенных на точно ориентированных и вицнальных подложках, впервые проведено сравнение гетеросистем GaAs, сформированных при пониженных температурах отжига на подложках (100) и (111), исследованы конфигурации атомов в области комплексного дефекта кристаллического строения - дефекта упаковки внедрения, обрамленного двумя частичными дислокациями Шокли.

Однако необходимо отметить следующие недостатки. В автореферате подчеркивается, что к исследованию гетероструктур был применен комплексный подход, однако не проиллюстрирована связь, например, метода геометрической фазы, использованного для визуализации напряжений, зависящих от состава, и результатов энергодисперсионного анализа. Формулировка выводов неконкретна: необходимо было привести численные данные, например, о толщине переходных слоев, величине их шероховатости, концентрации дефектов в буферных слоях, характеристики векторов Бюргерса изученных частичных дислокаций и т.д. Кроме того, качество некоторых иллюстраций, (например, рис. 5 и 8) не позволяет оценить информацию о структуре. В тексте автореферата присутствуют опечатки и несогласованные словосочетания. Указанные недостатки относятся в основном к изложению материала диссертации в автореферате и не влияют на общую положительную оценку работы И.Н. Трунькина.

Актуальность темы диссертации, получение и использование различных взаимно дополняющих друг друга экспериментальных методик, большой объем

выполненной диссертантом работы, новизна, высокая научная и практическая ценность полученных результатов позволяют сделать вывод о том, что диссертация соответствует пункту 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 года № 842 и удовлетворяет требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, а ее автор достоин присуждения ученой степени по специальности 01.04.07 – «Физика конденсированного состояния».

Доктор физико-математических наук,  
в.н.с. лаборатории электронной микроскопии

Института кристаллографии им. А.В. Шубникова

ФНИЦ « Кристаллография и фотоника» РАН

Служебный телефон: (499)135-00-10,

e-mail: zhigal@ns.crys.ras.ru

О.М. Жигалина

Подпись Жигалиной О.М. заверяю

Ученый секретарь ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН

к.ф.-м.н.

П.А. Просеков

подпись Жигалиной О.М.  
заверяю: Волынец Г.В.

Верю в успех  
вашей работы  
Кандидат наук  
Волынец Г.В.

