

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертацию Левина Р.В. «Исследование и разработка технологии изготовления гетероструктур на основе антимонида галлия методом ГФЭМОС» предоставленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.10 – «Физика полупроводников».

Актуальность работы

Фотометрия и пирометрия в ближнем ИК диапазоне спектра, на который приходится значительная часть излучения естественных источников света на Земле – Солнца, дневного и ночного неба, излучения наиболее распространенных лазеров, линии поглощения многих газов, представляет значительный интерес аппаратуры, находящей применение при решении задач экологии, предотвращения чрезвычайных ситуаций, в военном деле и многих других направлениях человеческой деятельности. При этом требования к приемникам излучения все время ужесточаются, что требует перехода к новым перспективным материалам, одним из которых безусловно является антимонид галлия и твердые растворы на его основе. При постановке данной диссертационной работы справедливо отмечалось, что до недавнего времени работы с этими материалами в нашей стране велись только с использованием метода жидкофазной эпитаксии. Образцы, полученный по этой технологии представляют интерес как модельные, способные продемонстрировать принципиальную возможность достижения необходимых параметров фотоприемников, однако, они не могут быть использованы для массового серийного производства из-за низкой производительности метода жидкофазной эпитаксии и высокой неоднородности свойств, получаемых эпитаксиальных структур. В этой связи тема диссертационной работы,

направленной на разработку технологии эпитаксии с использованием металлоорганических соединений представляется весьма актуальной.

Оценка проведенных исследований

В 1-ой главе дается обзор основных физико-химических свойств антимонида галлия, эпитаксиальных методов получения GaSb и твердых растворов на его основе. Анализ свойств твердых растворов изопериодичных с антимонидом галлия и обзор перспективных приборов на основе указанного соединения и его твердых растворов позволяют достаточно аргументировано сформулировать цели диссертационной работы.

Во 2-ой главе соискателем дается краткое описание стандартной установки газофазной эпитаксии AIX -200 фирмы AIXTRON, использовавшейся в настоящей работе. Далее представлены результаты разработки методики предэпитаксиальной подготовки подложек GaSb. Испытано несколько известных из литературы составов химических травителей из которых выбран один, показавший лучшие результаты при визуальном контроле числа дефектов на поверхности. На основе анализа физико-химических свойств исходных МОС и осаждаемых полупроводников дается обоснование выбора температурного диапазона процесса эпитаксии. Представлены результаты разработки технологии получения автоэпитаксиальных структур антимонида индия специально не легированных и легированных. Для характеристики качества получаемых структур обосновано использовано сочетание рентгендифракционного и фотолюминесцентного методов. Наибольший интерес в этой части работы представляют результаты, связанные с получением слоев антимонида индия с высоким удельным сопротивлением, что действительно является решением важной технологической задачи.

В 3-ей главе представлены разработки технологии изготовления твердых растворов изопериодных антимиониду галлия. Разработка данной технологии велась на основе схемы отработанной при получении автоэпитаксиальных слоев. Весомым технологическим результатом стала возможность управляемого получения твердых растворов в широком диапазоне значений ширины запрещенной зоны, что позволяет вести на основе данной технологии разработку фотоприемных устройств, чувствительных к излучению во всем ближнем ИК диапазоне спектра. Важным результатом работы стала показанная возможность получения градиентных слоев твердых растворов, для приборов с тянущим электрическим полем.

В четвертой главе представлены результаты использования разработанной технологии получения антимионида галлия и твердых растворов на его основе для создания различных фотоэлектрических преобразователей. Возможность использования разработанной технологии для создания широкого ряда приборов демонстрирует несомненную практическую ценность диссертационной работы.

Научная и практическая новизна

К элементам научной новизны в настоящей работе относятся результаты исследования влияния соотношения потоков элементов 5-й и 3-й групп на электрофизические характеристики легированных и нелегированных слоев антимионида галлия и его твердых растворов. Показанная возможность получения высокоомных слоев GaSb представляет интерес как с научной так и с практической сторон зрения.

Показанная возможность получения изопериодных с подложкой твердых растворов с градиентом тянущего поля дает возможность разработки целого ряда высокоэффективных приёмников излучения в ИК диапазоне спектра.

этих предприятий позволяет перепрофилирование на изготовление оптоэлектронных приборов на основе антимоноидных материалов.

Достоверность полученных в диссертационной работе результатов, базирующихся на применении методов теоретического моделирования и сопоставления их с экспериментальными данными, не вызывает сомнения и подтверждается их апробацией в научных статьях и докладах на конференциях.

Научная и практическая значимость полученных результатов

Работа является законченным научным исследованием и выполнена автором самостоятельно на высоком научном уровне. Проведенные исследования можно охарактеризовать как обоснованные научно-технические разработки, обеспечивающие решение важных прикладных задач в области создания оптоэлектронных приборов ИК-области спектра.

По теме диссертации имеется 6 печатных работ в рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК, 3 патента РФ, 3 заявки на изобретение РФ и 24 докладов на международных и отечественных конференциях.

Общая оценка диссертационной работы

Диссертация изложена доходчивым языком, оформлена в соответствии с требованиями ВАК РФ к оформлению диссертаций, содержит достаточное количество рисунков и таблиц, текст сопровождается ссылками на публикации.

Однако по диссертационной работе можно сделать следующие замечания, касающиеся полноты и четкости изложения материала по отдельным вопросам.

- В работе исследовались структурные характеристики слоев GaSb полученных в широком диапазоне соотношений молярных потоков. Построена зависимость FWHM рентгенодифракционной кривой качания от

рассогласовании 0,1% находится в пределах разброса экспериментальных точек относительно экстраполирующей кривой (рис.3.24). Нет физического объяснения эффекта улучшения структурного совершенства слоя в случае рассогласования периодов решетки с подложкой.

4. Огорчает небрежность соискателя при оформлении работы. Два различных рисунка имеют номер 1.7, а рис.1,6 отсутствует. Данные по свойствам триметилсурьмы приведены в таблице 2.2, а не 2.3 как указывается в тексте. Номер литературной ссылки на стр.55 и рис.2.24 не совпадают. В тексте встречаются пропущенные слова, орфографические и синтаксические ошибки.

Общий вывод

Указанные недостатки несколько портят впечатление от работы, тем не менее, основные результаты работы имеют серьезную практическую и научную значимость. Тем более, что эта практически первая работа по МОС-эпитаксии антимолибидов, сделанная в России, открывает реальную возможность развертывания работ в нашей стране по новому направлению в разработке высокоэффективных фотоэлектронных приборов.

В целом, считаю, что работа Левина Р.В. выполнена на достаточном научном уровне, и представляет собой самостоятельное законченное исследование. Хочется отметить научную и практическую перспективу полученных соискателем результатов, заключающуюся в расширении технологических возможностей разработки и создания новых типов фотоэлектронных приборов.

Достоверность результатов работы базируется на использовании целого ряда современных методик исследований и хорошем соответствии данных, полученными разными способами.

Основные результаты диссертации опубликованы в - печатных работах, они неоднократно обсуждались на различных конференциях и симпозиумах.

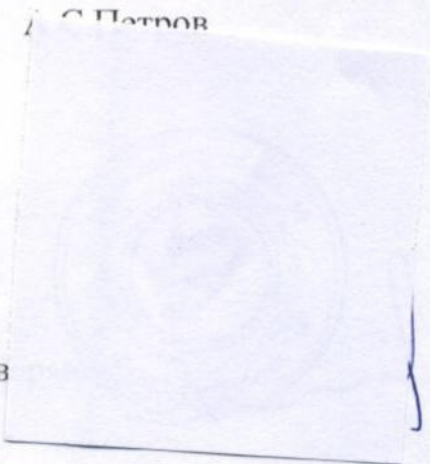
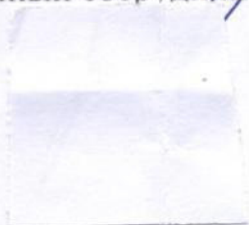
Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

Диссертационная работа отвечает критериям Положения о порядке присуждения ученых степеней, а ее автор Левин Роман Викторович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.10 – «Физика полупроводников»

Официальный оппонент

Кандидат технических наук,

Старший научный сотрудник



Подпись официального оппонента ав

Ученый секретарь

И.А. Иестеров

АО «Центральный научно-исследовательский институт «Электрон»

Сведения об оппоненте:

Петров Александр Сергеевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, начальник лаборатории, отдел 65 АО «Центральный научно-исследовательский институт «Электрон» Санкт Петербург, проспект Тореза 68, тел. (812)552-3600, electron-spb@mail.ru