

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Д.А. Арустамяна
“Кристаллизация и свойства гетероструктур InGaPAs/GaAs (InP), GaP/Si,
AlGaAs/Si для фотоэлектрических преобразователей”, представленной на
соискание ученой степени кандидата физико-математических наук
(специальность 01.04.07 - физика конденсированного состояния)

Актуальность темы диссертационного исследования

Исследование физики и технологии полупроводниковых структур тесно связано с фундаментальной проблемой физики конденсированного состояния - выяснение влияния условий выращивания кристаллов на свойства элементной базы и характеристики приборов на их основе.

Закономерности кристаллизации многокомпонентных гетероструктур, установленные автором работы, открывают новые перспективы физики полупроводниковой электроники за счет применения новых технологий. К новым важным в оптоэлектронике материалам относятся в частности, полупроводниковые структуры на основе многокомпонентных твердых растворов (МТР) соединений A^3B^5 . Интерес к ним вызван возможностью формирования структурно совершенных гетеропереходов за счет одновременного согласования параметров решетки и коэффициентов термического расширения (КТР) сопрягающихся материалов и возможностью формирования гетероструктур на их основе. Возможность получения совершенных кристаллических пленок позволяет значительно повысить характеристики фотопреобразователей, в частности, КПД и внешний квантовый выход.

Направленностью теоретических и экспериментальных исследований работы Арустамяна Д.А. является изучения физических закономерностей и особенностей кристаллизации гетероструктур на основе твердых растворов соединений A^3B^5 для фотоэлектрических преобразователей (ФЭП).

В силу вышесказанного актуальность темы диссертации Арустамяна Д.А. не вызывает сомнений.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Высокий уровень работы обеспечен обоснованностью сделанных допущений, принимаемых при математической формулировке задач и моделирования, корректным использованием аналитических и численных методов, наличием системы калибровки измерительных устройств и тщательным исполнением расчетов и экспериментов. Автор работы основывает исследования на базовых принципах известных физических моделях полупроводниковых материалов и структур.

Достоверность полученных результатов диссертационного исследования подтверждается использованием современного сертифицированного оборудования, совпадением экспериментальных и расчетных результатов в работе, а также данными, опубликованными в литературе.

Научная новизна исследования и практическая значимость результатов диссертационной работы

Новизна научных исследований заключается в следующем:

- впервые выявлены физические закономерности и особенности процесса кристаллизации (жидкофазной кристаллизации в поле температурного градиента, лазерной кристаллизации, ионно-лучевой кристаллизации), определяющие функциональные характеристики ФЭП.

- методом ионно-лучевой кристаллизации, созданы островковые наногетероструктуры InGaAs/GaAs для фотопреобразователей с промежуточной подзоной.

- впервые обнаружен эффект влияния наночастиц серебра на характеристики ФЭП.

- методом лазерной кристаллизации, созданы p-n-переходы внутри подложки p-Si при нанесение нанослоев GaP и AlGaAs.

Практическая значимость полученных автором результатов выражается в следующем:

- предложен способ кристаллизации гетероструктур InGaPAs/GaAs(InP) из жидкой фазы в поле температурного градиента для высокоэффективных фотоэлектрических преобразователей.

- предложен способ изготовления ФЭП на основе островковых наногетероструктур InGaAs/GaAs с промежуточной подзоной.

- впервые показана возможность выполнения основных стадий изготовления ФЭП: формирование р-n перехода в подложке Si р-типа и кристаллизация широкозонного окна GaP и AlGaAs в едином технологическом цикле.

- впервые предложен способ повышения КПД и внешнего квантового выхода за счет внедрения наночастиц серебра в функциональные покрытия фотоэлектрических преобразователей.

Оценка содержания диссертации

Диссертация состоит из введения, четырех глав, основных выводов и списка литературы из 106 наименований. Общий объем диссертационной работы 121 страница, включая 53 рисунка.

Результаты исследований представлены в 15 работах, в том числе 6 опубликовано ведущих журналах и доложены на 7 международных и всероссийских конференциях. Опубликованные работы в полной мере отражают содержание диссертации.

Автореферат содержит краткое изложение всех основных научных положений и выводов диссертационной работы.

Личный вклад соискателя в разработку научной проблемы и воспроизводимость экспериментальных результатов

Из анализа обзора литературных данных по тематике работы, приведенного списка литературы и полноты представленных в нем авторов следует, что задачи диссертации и основные научные положения и выводы работы сформулированы автором самостоятельно. Теоретические и экспериментальные исследования выполнены автором лично или при его непосредственном участии. Методики, представленные в работе, изложены ясно и последовательно, что позволяет воспроизводить авторские исследования в других лабораториях.

Замечания по диссертации

1 При обсуждении технологического оформления процессов кристаллизации гетероструктур не указано, в какой мере применяемое оборудование - установки, нагреватели, кассеты и методики создания жидких зон, подготовка мишеней и подложек, ионно-плазменных источников, применяемый лазер для лазерной кристаллизации, устройства регулировки и контроля температуры отвечают задачам кристаллизации твердых растворов иных классов. Должно ли оно быть модифицировано, и если да, то каким образом?

2 При обсуждении вопроса о согласовании слоя и подложки по параметру решетки и КТР недостаточно внимания уделено распределению внутренних механических напряжений по площади исследуемых образцов.

3 К сожалению, в 3-ей главе, где рассматривается жидкофазная кристаллизация, не проанализирована динамика межфазных границ для четырехкомпонентных систем. Если это известно, то надо было в 1-ой главе хотя бы привести фазовую диаграмму состояния системы Ga-In-P-As.

4 Недостаточно интерпретированы некоторые эффекты, обнаруженные соискателем. Это относится в первую очередь к п. 4 научной новизны о создании р-п-переходов внутри подложки кремния при нанесении нанослоев GaP и AlGaAs, а также в п. 3 практической значимости (выполнение основных стадий изготовления ФЭП в едином технологическом цикле).

Однако, указанные замечания не влияют на основные теоретические и практические результаты диссертации и не снижает ее ценности.

Заключение

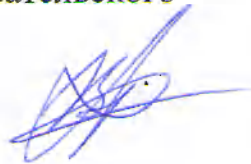
Диссертационная работа Арустамяна Д.А. "Кристаллизация и свойства гетероструктур InGaPAs/GaAs (InP), GaP/Si, AlGaAs/Si для фотоэлектрических преобразователей" содержит новые научные положения, совокупность которых отражает современный уровень развития теории кристаллизации многокомпонентных полупроводниковых структур и представляет интерес для физиков и технологов, работающих в

области разработки элементной базы фотоэлектрических преобразователей видимого и инфракрасного диапазонов спектра.

Диссертацию можно охарактеризовать как законченную научно-квалификационную работу, в которой изложено решение научной проблемы, имеющей существенное значение для развития физики кристаллизации многокомпонентных гетероструктур для приборов оптоэлектроники.

Считаю что диссертационная работа “Кристаллизация и свойства гетероструктур InGaPAs/GaAs (InP), GaP/Si, AlGaAs/Si для фотоэлектрических преобразователей” соответствует требованиям п. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней (утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Арустамян Давид Арсенович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 - физика конденсированного состояния.

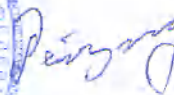
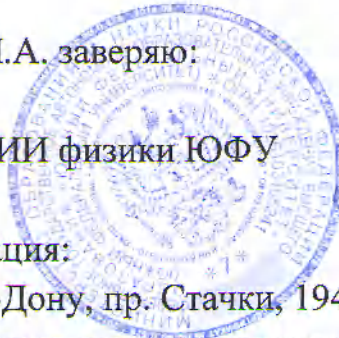
Официальный оппонент,
доктор физико-математических наук,
директор научно-исследовательского
института физики ЮФУ



Вербенко Илья Александрович

Подпись Вербенко И.А. заверяю:

Ученый секретарь НИИ физики ЮФУ



Рейзенкинд Я.А.

Контактная информация:

344090, г. Ростов-на-Дону, пр. Стачки, 194, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования “Южный федеральный университет”, научно-исследовательский институт физики, тел.: +7 (863) 243 36 76, e-mail: iphys@sfedu.ru

НИИ физики ЮФУ

Исх. № 604/429
от 2.11 2017 г.