

## ОТЗЫВ

### на автореферат диссертации Ключкова Алексея Николаевича “Электронный спектр в модулированно-легированных гетероструктурах InGaAs/InAlAs на подложках GaAs и InP”,

представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.10 – физика полупроводников

Диссертационная работа Ключкова А.Н. посвящена исследованию зависимости электронных свойств односторонне-легированных гетероструктур InGaAs/InAlAs от особенностей их состава и строения. Одним из перспективных применений таких материалов является создание гетероструктурных полевых транзисторов HEMT и монолитных интегральных схем на их основе для приложений связи и радиолокации. Особенно актуальными структуры с квантовой ямой InGaAs/InAlAs стали в последнее время в связи с разработкой устройств для работы в терагерцовом диапазоне частот электромагнитных волн.

Работа Ключкова А.Н. включает как технологические аспекты, связанные с эпитаксиальным выращиванием изоморфных структур на подложках InP и метаморфных структур на GaAs, так и физические исследования оптических и транспортных свойств гетероструктур. Ряд результатов, полученных автором, являются новыми. Так впервые установлено влияние введения в квантовые ямы In<sub>0.53</sub>Ga<sub>0.47</sub>As/In<sub>0.52</sub>Al<sub>0.48</sub>As слоев вставок InAs и GaAs на положение и форму спектров фотолюминесценции и обнаруженный монотонный сдвиг максимума спектра. Интерес представляют данные по деформации спектров фотолюминесценции в квантовой яме In<sub>0.7</sub>Ga<sub>0.3</sub>As/In<sub>0.7</sub>Al<sub>0.3</sub>As от слоевой концентрации электронов.

Среди результатов представляющих наибольший практический интерес можно выделить установленные особенности зонной структуры квантовых ям InGaAs/InAlAs в зависимости от их строения и полученные расчетные номограммы. Представленные результаты по спектрам фотолюминесценции метаморфных и изоморфных гетероструктур InGaAs/InAlAs важны для развития методов контроля параметров структур.

К недостаткам работы можно отнести отсутствие исследований низкотемпературного электронного транспорта в выращенных структурах, например, экспериментальные данные измерений эффекта Шубникова – де Гааза. Такие измерения могут дать информацию, во-первых, о спектре электронов – заполнении подзон, и, во-вторых, о механизмах рассеяния в новых конструкциях гетероструктур InGaAs/InAlAs, полученных в работе.

В целом, работа выполнена на высоком научном и методическом уровне и содержит ряд новых и полезных результатов. Считаю, что работа Ключкова А.Н. удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.10 – физика полупроводников, а ее автор, Ключков Алексей Николаевич, заслуживает искомой степени.

Айзенштат Г.И.

31.08.2015

Айзенштат Геннадий Исаакович-начальник лаборатории акционерного общества  
“Научно-исследовательский институт полупроводниковых приборов” (АО “НИИПП”)  
Доктор технических наук.

634034, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 99А,

рабочий телефон: 8 (3822) 288248

e-mail: ayzen@mail.tomsknet.ru

Подпись Г.И. Айзенштата заверяю.

Ученый секретарь НТС АО «НИИПП», нач. отд.

/А.В. Васильев/