

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» (ТУСУР)

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Томский государственный университет» (ТГУ)

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**по дисциплине «Полупроводниковая наногетероструктурная инженерия»**

**(модуль 2.1)**

Подготовлена в рамках проекта:

*«Разработка и апробация программы опережающей профессиональной переподготовки и учебно-методического комплекса (УМК), ориентированных на инвестиционные проекты ГК «РоснаноТех» в области производства конкурентоспособной продукции наноэлектроники на основе наногетероструктурных монокристаллических интегральных схем СВЧ диапазона длин волн и дискретных полупроводниковых приборов».*

**Заказчик:** Государственная корпорация «Российская корпорация нанотехнологий» (ГК «РоснаноТех»).

Объём курса: лекции – 32 ч.

Лекции 16 час.

Самостоятельная работа 16 час.

**Томск**

**2010**

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании Совета по образовательной программе «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2010 г.

Разработчики:

Проф. ТГУ \_\_\_\_\_ Г.Ф. Караваев

Координатор образовательной программы: \_\_\_\_\_ Н.Д. Малютин

Руководитель Совета образовательной программы:

Ректор ТУСУРа \_\_\_\_\_ Ю.А. Шурыгин

Рабочая программа согласована с проектной компанией ООО «Субмикронные технологии» и ЗАО «НПФ «Микран».

Представитель ООО «Субмикронные технологии» \_\_\_\_\_

Представитель ЗАО НПФ «Микран» \_\_\_\_\_

## I. ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

**Целью** курса «Полупроводниковая наногетероструктурная инженерия» является получение знаний об основных понятиях, законах и моделях полупроводниковой гетероструктурной инженерии.

## II. СОДЕРЖАНИЕ КУРСА

### Введение.

Основные понятия и модели полупроводниковой наногетероструктурной инженерии.

### 1. Физика гетеропереходов.

Классификация гетеропереходов (резкие и плавные, анизотипные и изотипные, разъединенные гетеропереходы). Разрывы зон. Статистика носителей заряда в полупроводниках. Энергетические диаграммы гетеропереходов. Модели протекания тока в анизотипном гетеропереходе. Основные свойства гетеропереходов (односторонняя инжекция, суперинжекция, локализация носителей в двойной гетероструктуре, эффект «оптического окна»).

Варизонные структуры. Использование квазиэлектрических полей в полупроводниковых приборах.

### 2. Физика низкоразмерных структур.

Понятие о низкоразмерной структуре, классификация низкоразмерных структур. Электронные состояния, приближение эффективной массы. Квантование движения носителя заряда. Энергетический спектр, волновые функции и плотность электронных и дырочных состояний в одиночной квантовой яме. Поведение электронов в квантовых нитях и квантовых точках. Множественные квантовые ямы. Сверхрешетки. Формирование минизонного энергетического спектра. Структуры с модулированным легированием. Напряженные структуры.

3. Транспортные и оптические явления в низкоразмерных полупроводниковых структурах.

Продольный и поперечный перенос электронов в низкоразмерных структурах. Двумерный электронный газ. Подвижность носителей заряда. Эффекты рассеяния носителей заряда в наноструктурах. Баллистический транспорт Туннелирование через одиночный барьер. Двухбарьерная структура. Межзонные и межминизонные переходы. Экситоны. Оптические и электрооптические явления.

#### 4. Приборы на гетеропереходах и низкоразмерных структурах.

Полевые транзисторы с высокой подвижностью электронов (HEMT) на базе GaAs, InP, GaN, а также твердых растворов на их основе. Биполярный гетеротранзистор на основе соединений  $A^{III}B^V$ . Резонансно-туннельный диод. Транзистор с резонансным туннелированием. Фотодетекторы на квантовых ямах и сверхрешетках. Лазеры на квантовых ямах, модуляторы, переключатели.

5. Направления дальнейших исследований и инженерных разработок в области наноэлектроники.

### III. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСОВ КУРСА ПО ТЕМАМ И ВИДАМ РАБОТ

Наименование тем	Всего часов	Лекции	Самостоятельная работа
Введение	4	2	2
Физика гетеропереходов	8	4	4
Физика низкоразмерных структур	8	4	4
Транспортные и оптические явления в низкоразмерных полупроводниковых структурах.	8	4	4
Приборы на гетеропереходах и низкоразмерных структурах	4	2	2
<b>Итого</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>16</b>

### IV. ФОРМЫ ИТОГОВОГО КОНТРОЛЯ

Зачет.

## **V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КУРСА**

### **1. Рекомендуемая литература (основная)**

1. Шик А.Я., Бакуева Л.Г., Мусихин С.Ф., Рыков С.А. Физика низкоразмерных систем: Учебное пособие. - СПб.: Наука, 2001. - 160 с.

2. Ю П., Кардона М. Основы физики полупроводников.– М.: Физматлит, 2002.– 560 с.

3. Мартинес-Дуарт Дж.М., Мартин-Палма Р.Дж., Агулло-Руеда Ф. Нанотехнологии для микро- и оптоэлектроники / Пер. с англ. – М.: Техносфера, 2007. – 368 с.

### **2. Рекомендуемая литература (дополнительная)**

4. Воробьев Л.Е., Ивченко Е.Л., Фирсов Д.А., Шалыгин В.А. Оптические свойства наноструктур. Учебное пособие/ под ред. Е.Л. Ивченко и В.Л.Воробьева. СПб.: Наука, 2001.- 188 с.

5. Тагер А.С. Размерные квантовые эффекты в субмикронных полупроводниковых структурах и перспектива их применения в электронике СВЧ. Ч.1. Физические основы. // Электронная техника. Сер. Электроника СВЧ.- 1987.- вып.9(403).- с. 21-34.

6. Борисенко В. Е. Нанoeлектроника / В. Е. Борисенко, А. И. Воробьева, Е. А. Уткина. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. - 223 с.

7. Драгунов В.П., Неизвестный И.Г., Гридчин В.А. Основы нанoeлектроники. Учебное пособие. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2004. –496 с.

8. B.R. Nag. Physics of quantum well devices. Kluwer academic publishers , Dordrecht, 2000, 297p.

9. T. Ihn. Electron quantum transport in mesoscopic semiconductor structures. Springer. 2004, 270 p.

10. A. J`ungel. Transport equations for semiconductors. Springer. 2009, 308 p.