МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Элементы и приборы наноэлектроники

Уровень основной образовательной программы: **Бакалавриат**
Направление подготовки (специальность): **28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника**
Профиль: **Нанотехнологии в электронике и микросистемной технике**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**
Кафедра: **ФЭ, Кафедра физической электроники**
Курс: **3**
Семестр: **5, 6**
Учебный план набора 2013 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	5 семестр	6 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	36		36	часов
2	Практические занятия	20		20	часов
3	Лабораторные занятия	16		16	часов
4	Всего аудиторных занятий	72		72	часов
5	Из них в интерактивной форме	8		8	часов
6	Курсовое проектирование		16	16	часов
7	Самостоятельная работа	72	92	164	часов
8	Всего (без экзамена)	144	108	252	часов
9	Подготовка и сдача экзамена	36		36	часов
10	Общая трудоемкость	180	108	288	часов
		5	3	8	З.Е

Экзамен: 5 семестр
Курсовое проектирование / Курсовая работа: 6 семестр

Томск 2016

Согласована на портале № 1793

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 73 от « 8 » 9 2016 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального Государственного образовательного стандарта образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника (квалификация (бакалавр), утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 06.03.2015 г. № 177.

Рабочая программа учебной дисциплины рассмотрена и утверждена на заседании кафедры физической электроники от «___» _____ 2016 г., протокол № _____.

Разработчики:

Доцент каф. ФЭ _____ Сахаров Ю. В.

Заведующий обеспечивающей каф. ФЭ _____ Троян П. Е.

Рабочая программа согласована с факультетом, профилирующей и выпускающей кафедрами направления подготовки (специальности).

Декан ФЭТ _____ Воронин А. И.

Заведующий профилирующей каф. ФЭ _____ Троян П. Е.

Заведующий выпускающей каф. ФЭ _____ Троян П. Е.

Эксперты:

Председатель методической комиссии факультета ФЭТ ТУСУР _____ Чистоедова И. А.

Председатель методической комиссии кафедры ФЭ ТУСУР _____ Чистоедова И. А.

Согласована на портале № 1793

1. Цели и задачи дисциплины

1.1. Цели дисциплины

– формирование научной основы, необходимой для создания элементов, приборов и устройств наноэлектроники

1.2. Задачи дисциплины

– изучение законов физики наноразмерных полупроводниковых структур для последующего использования их при разработке элементов и приборов наноэлектроники;

2. Место дисциплины в структуре ООП

В соответствии с основной образовательной программой дисциплина «Элементы и приборы наноэлектроники» относится к дисциплинам по выбору базовой части блока 1 **Б1.В.ДВ.9.2**

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются следующие дисциплины: Физика, Квантовая механика, Физика конденсированного состояния, Твердотельная электроника.

Последующими дисциплинами являются: Технология кремниевой наноэлектроники, Квантовая и оптическая электроника.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ОПК-7 способностью учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности;

– ПСК-1 способностью владеть современными методами расчета и проектирования изделий микро- и наноэлектроники и микросистемной техники, изготовленных с применением нанотехнологий, способностью к восприятию, разработке и критической оценке новых способов их проектирования;

– ПСК-3 готовностью к выполнению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области производства изделий наноэлектроники и микросистемной техники;

В результате изучения дисциплины студент должен:

– **знать** современное состояние и тенденции развития наноэлектроники и микросистемной техники; современные методики расчета и проектирования элементов и приборов наноэлектроники и микросистемной техники с использованием программных комплексов; требования к оформлению конструкторской документации при разработке приборов и устройств наноэлектроники и микросистемной техники; физические принципы измерений и современную измерительную технику в области наноэлектроники и микросистемной техники;

– **уметь** проводить анализ современной научно-технической литературы в области наноэлектроники и микросистемной техники; проводить расчет и проектирование элементов и приборов наноэлектроники и микросистемной техники с использованием программных комплексов; оформлять конструкторскую документацию на приборы и устройства наноэлектроники и микросистемной техники; проводить измерения параметров приборов и устройств наноэлектроники и микросистемной техники;

– **владеть** физическими принципами работы элементов и приборов наноэлектроники и микросистемной техники; методикой расчета, моделирования и проектирования приборов и устройств наноэлектроники и микросистемной техники; программным обеспечением для оформления конструкторской документации на приборы и устройства наноэлектроники и микросистемной техники; методикой проведения измерений параметров приборов и устройств наноэлектроники и микросистемной техники.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 9 зачетных единиц и представлена в таблице 4.1.

Согласована на портале № 1793

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

№	Виды учебной деятельности	5 семестр	6 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	36		36	часов
2	Практические занятия	20		20	часов
3	Лабораторные занятия	16		16	часов
4	Всего аудиторных занятий	72		72	часов
5	Из них в интерактивной форме	8		8	часов
6	Курсовое проектирование	0	16	16	часов
7	Самостоятельная работа	72	92	164	часов
8	Всего (без экзамена)	144	108	252	часов
9	Подготовка и сдача экзамена	36		36	часов
10	Общая трудоемкость	180	108	288	часов
		5	3	8	З.Е

5. Содержание дисциплины

5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

№	Названия разделов дисциплины	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Курсовое проектирование	Самостоятельная работа	(без экзамена) Всего часов	компетенции Формируемые
1	Введение	2	0	0	0	2	4	ОПК-7
2	Физические основы наноэлектроники.	8	6	0	0	10	24	ОПК-7, ПСК-1, ПСК-3
3	Способы формирования квантово-размерных наноструктур	8	0	0	0	8	16	ОПК-7, ПСК-1, ПСК-3
4	Квантовые эффекты	8	6	4	0	20	38	ОПК-7, ПСК-1, ПСК-3
5	Элементы и приборы наноэлектроники	10	8	12	0	32	62	ОПК-7, ПСК-1, ПСК-3
6	Курсовой проект	0	0	0	16	92	108	ПСК-1, ПСК-3
	Итого	36	20	16	16	164	252	

Согласована на портале № 1793

5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

Содержание разделов дисциплин (по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 - Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

№	Названия разделов	Содержание разделов дисциплины по лекциям	(час.) Трудоемкость	компетенции Формируемые
5 семестр				
1	Введение	Предмет дисциплины и ее задачи. Основные этапы исторического развития наноэлектроники и нанотехнологии. Связь с другими дисциплинами. Задачи курса. Обзор литературы. Объем дисциплины и виды учебной деятельности. Обзор рейтинговой системы и требований для допуска к экзамену.	2	ОПК-7
2	Физические основы наноэлектроники.	Волны Де Бройля. Квантовое ограничение. Квантово-размерные объекты и их классификация. Полупроводниковые наногетеростуктуры. Энергетические диаграммы наногетроструктур. Требования, предъявляемые к наногетероструктурам. Двойные гетероструктуры (ДГС). Сверхрешетки. Полупроводниковые сверхрешетки. Виды сверхрешеток. Энергетические диаграммы сверхрешеток. Минизоны. Энергетический спектр электронов в сверхрешетках. Свойства электронного газа в сверхрешетках. Влияние квантоворазмерных эффектов на свойства вещества. Баллистический транспорт.	8	ОПК-7, ПСК-1, ПСК-3
3	Способы формирования квантово-размерных наноструктур	Общие принципы формирования квантово-размерных структур. Эпитаксия. Формирование квантово-размерных структур методом молекулярно-лучевой эпитаксии (МЛЭ). Формирование квантово-размерных структур методом химического осаждения из газовой фазы металлоорганических соединений (MOCVD).	8	ОПК-7, ПСК-1, ПСК-3

Согласована на портале № 1793

		Формирование квантовых ям. Формирование квантовых проволок (нитей) геометрическим и электронным способом. Формирование квантовых точек. Механизм процесса самоорганизации при формировании квантовых точек. Размер и форма островков. Вертикальные массивы квантовых точек.		
4	Квантовые эффекты	2D-электронный газ в магнитном поле. Уровни Ландау. Целочисленный и дробный квантовый эффект Холла. Эффект Ааронова-Бома. Эффект Штарка. Квантово-размерный эффект Штарка в гетеронаноструктурах с квантовыми ямами. Туннельный эффект. Резонансно-туннельный эффект. Эффект Джозефсона. Кулоновская блокада. Кулоновская блокада с одним туннельным переходом. Кулоновская блокада с двумя туннельными переходами. Сотуннелирование.	8	ОПК-7, ПСК-1
5	Элементы и приборы наноэлектроники	Приборы на резонансном туннелировании. Диоды на резонансном туннелировании. Транзисторы на резонансном туннелировании. Логические элементы на резонансно-туннельных приборах. Приборы на одноэлектронном туннелировании. Одноэлектронный транзистор. Одноэлектронный насос. Одноэлектронная память. Устройства на основе сверхрешеток. Инфракрасные фотоприемники. Сверхрешетки в лазерных структурах. Квантовые каскадные лазеры. Лавинные фотодиоды. Оптические модуляторы. Транзисторы с высокой подвижностью HEMT. Обзор программных средств для моделирования приборов и устройств наноэлектроники.	10	ОПК-7, ПСК-1, ПСК-3
	Итого		36	

Согласована на портале № 1793

5.3. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 - Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

№	Наименование дисциплин	№ разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин					
		1	2	3	4	5	6
Предшествующие дисциплины							
1	Физика	+	+	+	+	+	+
2	Квантовая механика		+	+	+	+	+
3	Физика конденсированного состояния		+	+	+	+	+
4	Твердотельная электроника	+	+	+	+	+	+
Последующие дисциплины							
1	Технология кремниевой наноэлектроники	+		+	+	+	+
2	Квантовая и оптическая электроника	+			+	+	

5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.4

Таблица 5. 4 – Соответствие компетенций и видов занятий, формируемых при изучении дисциплины

Компетенции	Виды занятий			
	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
ОПК-7	+		+	+
ПСК-1	+	+	+	+
ПСК-3	+		+	+

6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах приведены в таблице 6.1

Таблица 6.1 – Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах

Методы	Интерактивные практические занятия	Интерактивные лекции	Всего
Работа в команде	2		2
Презентации с использованием		2	2

Согласована на портале № 1793

слайдов с обсуждением			
Мозговой штурм	2		2
Case-study (метод конкретных ситуаций)	2		2
Итого	6	2	8

7. Лабораторный практикум

Содержание лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7. 1 – Содержание лабораторных работ

№	Названия разделов	Содержание лабораторных работ	(час.) Трудоемкость	компетенции Формируемые
5 семестр				
1	Квантовые эффекты	Туннельный эффект	4	ОПК-7, ПСК-1, ПСК-3
2	Элементы и приборы наноэлектроники	Исследование характеристик HEMT - транзистора	4	ОПК-7, ПСК-1, ПСК-3
3	Элементы и приборы наноэлектроники	Исследование светодиодов на основе ДГС	4	ОПК-7, ПСК-1, ПСК-3
4	Элементы и приборы наноэлектроники	Моделирование характеристик HEMT - транзистора	4	ОПК-7, ПСК-1, ПСК-3
	Итого		16	

8. Практические занятия

Содержание практических работ приведено в таблице 8.1.

Таблица 8. 1 – Содержание практических работ

№	Названия разделов	Содержание практических занятий	(час.) Трудоемкость	компетенции Формируемые

Согласована на портале № 1793

	5 семестр			
1	Физические основы наноэлектроники.	Волны Де Бройля. Квантовое ограничение. Полупроводниковые наногетеростуктуры. Энергетические диаграммы наногетроструктур. Требования, предъявляемые к наногетероструктурам. Двойные гетероструктуры (ДГС). Полупроводниковые сверхрешетки. Энергетические диаграммы сверхрешеток. Баллистический транспорт.	6	ПСК-1
2	Квантовые эффекты	2D-электронный газ в магнитном поле. Целочисленный и дробный квантовый эффект Холла. Эффект Штарка. Квантово-размерный эффект Штарка в гетеронаноструктурах с квантовыми ямами. Туннельный эффект. Резонансно-туннельный эффект. Эффект Джозефсона. Кулоновская блокада. Кулоновская блокада с одним туннельным переходом. Кулоновская блокада с двумя туннельными переходами.	6	ПСК-1
3	Элементы и приборы наноэлектроники	Диоды на резонансном туннелировании. Одноэлектронный транзистор. Инфракрасные фотоприемники. Квантовые каскадные лазеры. Лавинные фотодиоды. Оптические модуляторы. Транзисторы с высокой подвижностью HEMT.	8	ПСК-1
	Итого		20	

Согласована на портале № 1793

9. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 9.1.

Таблица 9.1 - Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

№	Названия разделов	Виды самостоятельной работы	(час.) Трудоемкость	компетенции Формируемые	Формы контроля
5 семестр					
1	Элементы и приборы наноэлектроники	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	6	ПСК-1	Отчет по индивидуальному заданию, Отчет по лабораторной работе, Контрольная работа, Экзамен
2	Физические основы наноэлектроники.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ПСК-1	Отчет по индивидуальному заданию, Отчет по лабораторной работе, Контрольная работа, Экзамен
3	Квантовые эффекты	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	6	ПСК-1	Отчет по индивидуальному заданию, Отчет по лабораторной работе, Контрольная работа, Экзамен
4	Физические основы наноэлектроники.	Проработка лекционного материала	6	ОПК-7, ПСК-1, ПСК-3	Отчет по индивидуальному заданию, Отчет по лабораторной работе, Контрольная работа, Экзамен
5	Элементы и приборы наноэлектроники	Проработка лекционного материала	8	ОПК-7, ПСК-1, ПСК-3	Отчет по индивидуальному заданию, Отчет по лабораторной работе, Экзамен
6	Квантовые эффекты	Проработка лекционного материала	8	ОПК-7, ПСК-1	Отчет по индивидуальному заданию, Отчет по лабораторной работе, Экзамен
7	Способы	Проработка	8	ОПК-7,	Отчет по

Согласована на портале № 1793

	формирования квантово-размерных наноструктур	лекционного материала		ПСК-1, ПСК-3	индивидуальному заданию, Отчет по лабораторной работе, Экзамен
8	Введение	Проработка лекционного материала	2	ОПК-7	Отчет по индивидуальному заданию, Отчет по лабораторной работе, Экзамен
9	Квантовые эффекты	Оформление отчетов по лабораторным работам	6	ОПК-7, ПСК-1, ПСК-3	Отчет по лабораторной работе
10	Элементы и приборы наноэлектроники	Оформление отчетов по лабораторным работам	6	ОПК-7, ПСК-1, ПСК-3	Отчет по лабораторной работе
11	Элементы и приборы наноэлектроники	Оформление отчетов по лабораторным работам	6	ОПК-7, ПСК-1, ПСК-3	Отчет по лабораторной работе
12	Элементы и приборы наноэлектроники	Оформление отчетов по лабораторным работам	6	ОПК-7, ПСК-1, ПСК-3	Отчет по лабораторной работе
	Всего (без экзамена)		72		
13	Подготовка к экзамену		36		Экзамен
	Итого		108		
6 семестр					
1	Выполнение курсового проекта (работы)		92	ПСК-1, ПСК-3	Защита курсовых проектов (работ), Компонент своевременности
	Всего (без экзамена)		92		
	Итого		92		

9.1. Темы курсовых проектов (работ)

Вариант №1

Тема проекта: **Светодиоды белого света**.

Содержание пояснительной записки:

1. Обзор литературы по светодиодам белого света, технологии изготовления, материалам, параметрам и конструкциям.
2. Выбор материалов кристалла и контактов.
3. Расчет конструкции светодиода, выбор конструкции контактов.
4. Выбор корпуса.

Перечень графического материала:

1. Технологический маршрут изготовления и конструкция светодиода.

Вариант №2

Тема проекта: **Светодиоды инфракрасного спектра**.

Содержание пояснительной записки:

1. Обзор литературы по ИК-светодиодам, технологии изготовления, материалам, параметрам и конструкциям.
2. Выбор материалов кристалла и контактов.

Согласована на портале № 1793

3. Расчет конструкции светодиода, выбор конструкции контактов.
   Перечень графического материала:
1. Технологический маршрут изготовления и конструкция светодиода.
   Исходные данные для расчета
   1. Длина волны – 870 нм.

Вариант №3

Тема проекта: **Светодиоды синего спектра**.

Содержание пояснительной записки:
1. Обзор литературы по синим светодиодам, технологии изготовления, материалам, параметрам и конструкциям.
2. Выбор материалов кристалла и контактов.
3. Расчет конструкции светодиода, выбор конструкции контактов.
   Перечень графического материала:
1. Технологический маршрут изготовления и конструкция светодиода.
   Исходные данные для расчета
1. Основная длина волны – 450 нм.

Вариант №4

Тема проекта: **Светодиоды красного спектра**.

Содержание пояснительной записки:
1. Обзор литературы по светодиодам красного свечения, технологии изготовления, материалам, параметрам и конструкциям.
2. Выбор материалов кристалла и контактов.
3. Расчет конструкции светодиода, выбор конструкции контактов.
   Перечень графического материала:
1. Технологический маршрут изготовления и конструкция светодиода.
   Исходные данные для расчета
1. Основная длина волны – 660 нм.

Вариант №5

Тема проекта: **Светодиоды зеленого спектра**.

Содержание пояснительной записки:
1. Обзор литературы по светодиодам зеленого свечения, технологии изготовления, материалам, параметрам и конструкциям.
2. Выбор материалов кристалла и контактов.
3. Расчет конструкции светодиода, выбор конструкции контактов.
   Перечень графического материала:
1. Технологический маршрут изготовления и конструкция светодиода.
   Исходные данные для расчета
1. Основная длина волны – 550 нм.

Вариант №6

Тема проекта: **Светодиоды оранжевого спектра**.

Содержание пояснительной записки:
1. Обзор литературы по светодиодам оранжевого свечения, технологии изготовления, материалам, параметрам и конструкциям.
2. Выбор материалов кристалла и контактов.
3. Расчет конструкции светодиода, выбор конструкции контактов.
   Перечень графического материала:
1. Технологический маршрут изготовления и конструкция светодиода.
   Исходные данные для расчета
1. Основная длина волны – 610 нм.

Согласована на портале № 1793

Вариант №7

Тема проекта: **Светодиоды желтого спектра**.

Содержание пояснительной записки:

1. Обзор литературы по светодиодам желтого свечения, технологии изготовления, материалам, параметрам и конструкциям.
2. Выбор материалов кристалла и контактов.
3. Расчет конструкции светодиода, выбор конструкции контактов.

Перечень графического материала:

1. Технологический маршрут изготовления и конструкция светодиода.

Исходные данные для расчета

1. Основная длина волны – 570 нм.

Вариант №8

Тема проекта: **ИК – фотоприемники на многослойных гетероструктурах**.

Содержание пояснительной записки:

1. Обзор литературы по ИК – фотоприемники на многослойных гетероструктурах, технологии изготовления, материалам, параметрам и конструкциям.
2. Выбор материалов кристалла и контактов.
3. Расчет конструкции светодиода, выбор конструкции контактов.

Перечень графического материала:

1. Технологический маршрут изготовления и конструкция.

Исходные данные для расчета

Длина волны регистрируемого излучения – 2 – 5 мкм.

Вариант №9

Тема проекта: **Солнечные элементы на гетероструктурах**.

Содержание пояснительной записки:

1. Обзор литературы по солнечным элементам на гетероструктурах (в том числе и по каскадным), технологии изготовления, материалам, параметрам и конструкциям.
2. Выбор материалов кристалла и контактов.
3. Расчет конструкции светодиода, выбор конструкции контактов.

Перечень графического материала:

1. Технологический маршрут изготовления и конструкция.

Вариант №10

Тема проекта: **Светодиоды УФ излучения**.

Содержание пояснительной записки:

1. Обзор литературы по светодиодам УФ спектра, технологии изготовления, материалам, параметрам и конструкциям.
2. Выбор материалов кристалла и контактов.
3. Расчет конструкции светодиода, выбор конструкции контактов.

Перечень графического материала:

1. Технологический маршрут изготовления и конструкция светодиода.

Исходные данные для расчета

1. Основная длина волны – 330 нм.

Вариант №11

Тема проекта: **Светодиоды инфракрасного спектра**.

Содержание пояснительной записки:

1. Обзор литературы по ИК-светодиодам, технологии изготовления, материалам, параметрам и конструкциям.
2. Выбор материалов кристалла и контактов.
3. Расчет конструкции светодиода, выбор конструкции контактов.

Согласована на портале № 1793

Перечень графического материала:

1. Технологический маршрут изготовления и конструкция светодиода.

Исходные данные для расчета

1. Длина волны – 1100 нм.

Вариант №12

Тема проекта: **Светодиоды синего спектра**.

Срок сдачи законченной работы: 25.05.2014

1. Обзор литературы по синим светодиодам, технологии изготовления, материалам, параметрам и конструкциям.
2. Выбор материалов кристалла и контактов.
3. Расчет конструкции светодиода, выбор конструкции контактов.

Перечень графического материала:

1. Технологический маршрут изготовления и конструкция светодиода.

Исходные данные для расчета

1. Основная длина волны – 490 нм.

Вариант №13

Тема проекта: **Светодиоды зеленого спектра**.

Содержание пояснительной записки:

1. Обзор литературы по светодиодам зеленого свечения, технологии изготовления, материалам, параметрам и конструкциям.
2. Выбор материалов кристалла и контактов.
3. Расчет конструкции светодиода, выбор конструкции контактов.

Перечень графического материала:

1. Технологический маршрут изготовления и конструкция светодиода.

Исходные данные для расчета

1. Основная длина волны – 570 нм.

Вариант №14

Тема проекта**: Светодиоды красного спектра**.

Содержание пояснительной записки:

1. Обзор литературы по светодиодам красного свечения, технологии изготовления, материалам, параметрам и конструкциям.
2. Выбор материалов кристалла и контактов.
3. Расчет конструкции светодиода, выбор конструкции контактов.

Перечень графического материала:

1. Технологический маршрут изготовления и конструкция светодиода.

Исходные данные для расчета

1. Основная длина волны – 610 нм.

Вариант №15

Тема проекта: **Светодиоды оранжевого спектра**.

Содержание пояснительной записки:

1. Обзор литературы по светодиодам оранжевого свечения, технологии изготовления, материалам, параметрам и конструкциям.
2. Выбор материалов кристалла и контактов.
3. Расчет конструкции светодиода, выбор конструкции контактов.

Перечень графического материала:

1. Технологический маршрут изготовления и конструкция светодиода.

Исходные данные для расчета

1. Основная длина волны – 590 нм.

Согласована на портале № 1793

Вариант №16

Тема проекта: **Светодиоды желтого спектра**.

Срок сдачи законченной работы: 25.05.2014

Содержание пояснительной записки:

1. Обзор литературы по светодиодам желтого свечения, технологии изготовления, материалам, параметрам и конструкциям.
2. Выбор материалов кристалла и контактов.
3. Расчет конструкции светодиода, выбор конструкции контактов.

Перечень графического материала:

1. Технологический маршрут изготовления и конструкция светодиода.

Исходные данные для расчета

1. Основная длина волны – 585 нм.

Вариант №17

Тема проекта: **Светодиоды белого света**.

Содержание пояснительной записки:

1. Обзор литературы по светодиодам белого света, технологии изготовления, материалам, параметрам и конструкциям.
2. Выбор материалов кристалла и контактов.
3. Расчет конструкции светодиода, выбор конструкции контактов.
4. Выбор корпуса.

Перечень графического материала:

1. Технологический маршрут изготовления и конструкция светодиода.

10. Курсовая работа

Не предусмотрено РУП

11. Рейтинговая система для оценки успеваемости студентов

11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Бальные оценки для элементов контроля

Элементы учебной деятельности	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
5 семестр				
Контрольная работа	10	10	10	30
Отчет по индивидуальному заданию	5	5	10	20
Отчет по лабораторной работе		5	15	20
Экзамен				30
Нарастающим итогом	15	35	70	100
6 семестр				
Защита курсовых проектов (работ)			70	70
Компонент	10	10	10	30

Согласована на портале № 1793

своевременности				
Нарастающим итогом	10	20	100	100

11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Пересчет баллов в оценки за контрольные точки представлен в таблице 11.2.

Таблица 11. 2 – Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Баллы на дату контрольной точки	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату КТ	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату КТ	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату КТ	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату КТ	2

11.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 11.3.

Таблица 11. 3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка (ГОС)	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен	Оценка (ECTS)
5 (отлично) (зачтено)	90 - 100	A (отлично)
4 (хорошо) (зачтено)	85 - 89	B (очень хорошо)
	75 - 84	C (хорошо)
	70 - 74	D (удовлетворительно)
3 (удовлетворительно) (зачтено)	65 - 69	
	60 - 64	E (посредственно)
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

Согласована на портале № 1793

12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

12.1. Основная литература

1. Борисенко В. Е. Наноэлектроника: учебное пособие для вузов / В. Е. Борисенко, А. И. Воробьева, Е. А. Уткина. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 224 с. - ISBN 978-5-94774-914-4 (наличие в библиотеке ТУСУР - 81 экз.)
2. Троян П.Е. Наноэлектроника: учебное пособие / П.Е. Троян, Ю.В. Сахаров. - Министерство образования и науки Российской Федерации, Государственная корпорация "Российская корпорация нанотехнологий", Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. – Томск: ТУСУР, 2010. – 88 с (в библиотеке ТУСУР - 15 экз.)

12.2. Дополнительная литература

1. Чаплыгин Ю.А. Нанотехнологии в электронике: Монография / Н. И. Боргардт [и др.] ; ред. Ю. А. Чаплыгин ; Московский государственный институт электронной техники. - М. : Техносфера, 2005. - 446 с. - ISBN 5-94836-059-8 (наличие в библиотеке ТУСУР - 20 экз.)
2. . Драгунов В.П. Основы наноэлектроники: учебное пособие для вузов / В. П. Драгунов, И. Г. Неизвестный, В. А. Гридчин. - М. : Физматкнига ; М. : Логос ; М. : Университетская книга, 2006. - 494 с. - ISBN 5-98704-054-X. - ISBN 5-89155-149-7 (наличие в библиотеке ТУСУР - 32 экз.)
3. Нанотехнологии в полупроводниковой электронике: Коллективная монография / Российская Академия наук, Сибирское отделение, Институт физики полупроводников; ред. А.Л. Асеев. – Новосибирск: Издательство СО РАН, 2004. – 367 [1] с. (в библиотеке ТУСУР - 10 экз.)
4. Электроника: Учебное пособие для вузов / А.А. Щука; ред. А.С. Сигов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 799 с (наличие в библиотеке ТУСУР - 3 экз.)

12.3. Учебно-методическое пособие и программное обеспечение

1. Троян П.Е. Наноэлектроника: Учебно-методическое пособие по аудиторным практическим занятиям и самостоятельной работе / П.Е. Троян, Ю.В. Сахаров. изд-во Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2015. – 31 с – [Электронный ресурс]. - http://miel.tusur.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=238
2. . Троян П.Е. Наноэлектроника: Учебно-методическое пособие по лабораторным работам / П.Е. Троян, Ю.В. Сахаров. – Томск: Изд-во Томск. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники, 2010. – 52 с. – [Электронный ресурс]. - http://miel.tusur.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=238
3. Троян П.Е.. Элементы и приборы наноэлектроники: Методические указания по курсовому проектированию / П.Е. Троян, Ю.В. Сахаров. – Томск: Изд-во Томск. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники, 2010. – 32 с - [Электронный ресурс]. - http://miel.tusur.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=238

12.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы

1. Нано Дайджест" - интернет-журнал, посвященный нанотехнология http://nanodigest.ru/stati/issledovaniia-i-razrabotki/nanoelektronika-dostizheniia-i-perspektivy

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины

В связи с большим количеством графического материала и рисунков по данной дисциплине лекционные занятия следует проводить с применением проектора и компьютера и обеспечивать слушателей раздаточным материалом. Практические занятия следует проводить в компьютерном классе с использованием математического пакета.

Лабораторные работы проводятся по традиционной методике в специализированной лабораторной аудитории каф. ФЭ. Допуск к выполнению лабораторных работ студент получает после получения соответствующего инструктажа по технике безопасности.

14. Фонд оценочных средств

Фонд оценочных средств приведен в приложении 1.

15. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

Конспектирование студентами лекционного материала обязательно. Обязательным условием допуска к экзамену является выполнение и защита всех лабораторных работ, а также контрольных работ

Согласована на портале № 1793

Приложение 1

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Элементы и приборы наноэлектроники

Уровень основной образовательной программы: **Бакалавриат**
Направление подготовки (специальность): **28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника**
Профиль: **Нанотехнологии в электронике и микросистемной технике**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**
Кафедра: **ФЭ, Кафедра физической электроники**
Курс: **3**
Семестр: **5, 6**

Учебный план набора 2013 года

Разработчики:

- Доцент каф. ФЭ Сахаров Ю. В.

Экзамен: 5 семестр
Курсовое проектирование / Курсовая работа: 6 семестр

Томск 2016

Согласована на портале № 1793

1. Введение

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины (практики) и представляет собой совокупность контрольно-измерительных материалов (типовые задачи (задания), контрольные работы, тесты и др.) и методов их использования, предназначенных для измерения уровня достижения студентом установленных результатов обучения.

ФОС по дисциплине (практике) используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной (практикой) компетенций приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

Код	Формулировка компетенции	Этапы формирования компетенций
ОПК-7	способностью учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности	**Должен знать:** современное состояние и тенденции развития наноэлектроники и микросистемной техники; современные методики расчета и проектирования элементов и приборов наноэлектроники и микросистемной техники с использованием программных комплексов; требования к оформлению конструкторской документации при разработке приборов и устройств наноэлектроники и микросистемной техники; физические принципы измерений и современную измерительную технику в области наноэлектроники и микросистемной техники; **Должен уметь:** проводить анализ современной научно-технической литературы в области наноэлектроники и микросистемной техники; проводить расчет и проектирование элементов и приборов наноэлектроники и микросистемной техники с использованием программных комплексов; оформлять конструкторскую документацию на приборы и устройства наноэлектроники и микросистемной техники; проводить измерения параметров приборов и устройств наноэлектроники и микросистемной техники; **Должен владеть:** физическими принципами работы элементов и приборов наноэлектроники и микросистемной техники; методикой расчета, моделирования и проектирования приборов и устройств наноэлектроники и микросистемной техники; программным обеспечением для оформления конструкторской документации на приборы и устройства наноэлектроники и микросистемной техники; методикой проведения
ПСК-1	способностью владеть современными методами расчета и проектирования изделий микро- и наноэлектроники и микросистемной техники, изготовленных с применением нанотехнологий, способностью к восприятию, разработке и критической оценке новых способов их проектирования	
ПСК-3	готовностью к выполнению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области производства изделий наноэлектроники и микросистемной техники	

Согласована на портале № 1793

		измерений параметров приборов и устройств наноэлектроники и микросистемной техники;

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций на всех этапах приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций по этапам

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	Обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития творческих решений, абстрагирования проблем	Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия работы
Хорошо (базовый уровень)	Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования	Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем
Удовлетворительно (пороговый уровень)	Обладает базовыми общими знаниями	Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач	Работает при прямом наблюдении

2 Реализация компетенций

2.1 Компетенция ОПК-7

ОПК-7: способностью учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	современное состояние и тенденции развития наноэлектроники и микросистемной техники. Физические принципы измерений и современную измерительную технику в области наноэлектроники и микросистемной техники.	проводить анализ научно-технической литературы в области наноэлектроники и микросистемной техники. Проводить измерения параметров приборов и устройств наноэлектроники и микросистемной техники	физическими принципами работы приборов и устройств наноэлектроники и микросистемной техники. Методикой проведения измерений параметров приборов и устройств наноэлектроники и микросистемной техники.
Виды занятий	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные	• Интерактивные практические занятия; • Лабораторные

Согласована на портале № 1793

	лекции; • Практические занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Подготовка к экзамену;	лекции; • Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Подготовка к экзамену;	занятия; • Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	• Контрольная работа; • Отчет по индивидуальному заданию; • Экзамен; • Курсовое проектирование	• Контрольная работа; • Отчет по лабораторной работе; • Отчет по индивидуальному заданию; • Экзамен; • Курсовое проектирование	• Выполнение лабораторных работ и защита отчетов; • Выполнение индивидуального задания и защита отчета; • Экзамен; • Защита курсовых проектов (работ)

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 4.

Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	• современное состояние и тенденции развития наноэлектроники и микросистемной и измерительной техники, используемой для определения параметров приборов и устройств наноэлектроники и микросистемной. Диапазон и физический смысл измеряемых параметров;	• проводить анализ научно-технической литературы в области наноэлектроники и микросистемной. Проводить измерения параметров приборов и устройств наноэлектроники и микросистемной;	• практическими навыками работы на современном измерительной оборудовании, используемом для определения параметров приборов и устройств наноэлектроники и микросистемной;
Хорошо (базовый уровень)	• современное состояние наноэлектроники и микросистемной и измерительной техники, используемой для определения параметров приборов и устройств наноэлектроники и микросистемной. Диапазон и физический смысл измеряемых	• проводить измерения параметров типовых приборов и устройств наноэлектроники и микросистемной;	• практическими навыками работы на современном измерительном оборудовании, используемом для определения параметров приборов и устройств наноэлектроники и микросистемной под руководством оператора;

Согласована на портале № 1793

	параметров;		
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• перечень типового измерительного оборудования используемого для определения параметров приборов и устройств наноэлектроники и микросистемной;	• проводить простые измерения параметров приборов и устройств наноэлектроники и микросистемной с использованием типового измерительного оборудования;	• методикой работы на типовом измерительном оборудовании, используемом для определения параметров приборов и устройств наноэлектроники и микросистемной при прямом участии оператора;

2.2 Компетенция ПСК-1

ПСК-1: способностью владеть современными методами расчета и проектирования изделий микро- и наноэлектроники и микросистемной техники, изготовленных с применением нанотехнологий, способностью к восприятию, разработке и критической оценке новых способов их проектирования.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	физико-математический аппарат и программное обеспечение для расчета и проектирования приборов и устройств наноэлектроники и микросистемной техники	Пользоваться программным обеспечением для расчета и проектирования приборов и устройств наноэлектроники и микросистемной техники	методикой расчета и проектирования приборов и устройств наноэлектроники и микросистемной техники
Виды занятий	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Подготовка к экзамену;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Подготовка к экзамену;	• Интерактивные практические занятия; • Лабораторные занятия; • Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	• Контрольная работа; • Отчет по индивидуальному заданию; • Экзамен; • Курсовое проектирование	• Контрольная работа; • Отчет по лабораторной работе; • Отчет по индивидуальному заданию; • Защита курсовых	• Выполнение лабораторных работ и защита отчетов; • Выполнение индивидуального задания и защита отчета;

Согласована на портале № 1793

		проектов (работ); • Экзамен;	• Защита курсовых проектов (работ); • Экзамен;

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 6.

Таблица 6 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	• вывод основных расчетных формул, используемых для расчета приборов и устройств микро- и наноэлектроники и микросистемной техники. Знает перечень современного программного обеспечения для расчета и проектирования приборов и устройств микро- и наноэлектроники и микросистемной техники;	• проводить вывод основных формул применяемых для расчета приборов и устройств микро- и наноэлектроники и микросистемной техники. Умеет в совершенстве пользоваться программным обеспечением применяемым для расчета и проектирования приборов и устройств микро- и наноэлектроники и микросистемной техники;	• физико-математическим аппаратом для решения задач возникающих в ходе профессиональной деятельности. Владеет в совершенстве программным обеспечением применяемым для расчета и проектирования приборов и устройств микро- и наноэлектроники и микросистемной техники;
Хорошо (базовый уровень)	• основные расчетные формулы, используемые для расчета приборов и устройств микро- и наноэлектроники и микросистемной техники. Знает перечень основного программного обеспечения для расчета и проектирования приборов и устройств микро- и наноэлектроники и микросистемной техники;	• решать типовые задачи по расчету приборов и устройств микро- и наноэлектроники и микросистемной техники. Умеет в совершенстве пользоваться программным обеспечением применяемым для расчета и проектирования приборов и устройств микро- и наноэлектроники и микросистемной техники;	• методикой расчета типовых задач возникающих в ходе профессиональной деятельности. Владеет типовым программным обеспечением применяемым для расчета и проектирования приборов и устройств микро- и наноэлектроники и микросистемной техники;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• основные параметры микро- и наноэлектроники и микросистемной техники, а также перечень справочной и	• решать простые задачи, используя справочную и методическую литературу с примерами расчета	• методикой расчета параметров гетероструктур, а также методикой поиска справочной и методической

Согласована на портале № 1793

	методической литературы с примерами расчета приборов и устройств микро- и наноэлектроники и микросистемной техники;	приборов и устройств микро- и наноэлектроники и микросистемной техники.	литературы с примерами расчета приборов и устройств микро- и наноэлектроники и микросистемной техники;

2.3 Компетенция ПСК-3

ПСК-3: готовностью к выполнению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области производства изделий наноэлектроники и микросистемной техники.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	требования к оформлению конструкторской документации при разработке приборов и устройств наноэлектроники и микросистемной техники. Этапы выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по разработке приборов и устройств наноэлектроники и микросистемной техники.	оформлять конструкторскую документацию на приборы и устройства наноэлектроники и микросистемной техники в соответствии с ЕСКД	программным обеспечением для оформления конструкторской документации на приборы и устройства наноэлектроники и микросистемной техники в соответствии с ЕСКД
Виды занятий	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Подготовка к экзамену;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Подготовка к экзамену;	• Интерактивные практические занятия; • Лабораторные занятия; • Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	• Контрольная работа; • Отчет по индивидуальному заданию; • Экзамен;	• Контрольная работа; • Отчет по лабораторной работе; • Отчет по индивидуальному	• Выполнение лабораторных работ и защита отчетов; • Выполнение индивидуального

Согласована на портале № 1793

	• Экзамен; • Курсовое проектирование	заданию; • Защита курсовых проектов (работ); • Экзамен; • Курсовое проектирование	задания и защита отчета; • Защита курсовых проектов (работ); • Экзамен;

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 8.

Таблица 8 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	• международные и внутренние требования к оформлению конструкторской документации при разработке приборов и устройств наноэлектроники и микросистемной техники. Этапы выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по разработке приборов и устройств наноэлектроники и микросистемной техники;	• оформлять конструкторскую документацию по разработке приборов и устройств наноэлектроники и микросистемной техники в соответствии с международными и внутренними стандартами. Выполнять научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по разработке приборов и устройств наноэлектроники и микросистемной техники;	• методикой оформления конструкторской документации по разработке приборов и устройств наноэлектроники и микросистемной техники в соответствии с международными и внутренними стандартами. Навыками организации научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по разработке приборов и устройств наноэлектроники и микросистемной техники;
Хорошо (базовый уровень)	• внутренние требования к оформлению конструкторской документации при разработке приборов и устройств наноэлектроники и микросистемной техники. Основные этапы выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по разработке приборов и устройств наноэлектроники и микросистемной техники	• оформлять конструкторскую документацию по разработке приборов и устройств наноэлектроники и микросистемной техники в соответствии с ЕСКД. Выполнять научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по разработке приборов и устройств наноэлектроники и микросистемной техники под руководством;	• методикой оформления конструкторской документации по разработке приборов и устройств наноэлектроники и микросистемной техники в соответствии с ЕСКД. Методикой проведения типовых научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по разработке приборов и устройств наноэлектроники и микросистемной техники;
Удовлетворительн	• справочную	• пользоваться	• методикой поиска

Согласована на портале № 1793

о (пороговый уровень)	литературу в которой перечислены требования к оформлению конструкторской документации при разработке приборов и устройств наноэлектроники и микросистемной техники. а также основные этапы выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по разработке приборов и устройств наноэлектроники и микросистемной техники;	справочной литературой по оформлению конструкторской документации по разработке приборов и устройств наноэлектроники и микросистемной техники. Выполнять инструкции при проведении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по разработке приборов и устройств наноэлектроники и микросистемной техники;	литературы по оформлению конструкторской документации по разработке приборов и устройств наноэлектроники и микросистемной техники в соответствии с ЕСКД. Методикой проведения простых научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по разработке приборов и устройств наноэлектроники и микросистемной техники;

3 Типовые контрольные задания

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, в следующем составе.

3.1 Темы индивидуальных заданий

– Тема индивидуального задания: Расчет устройств наноэлектроники Варианты приведены в учебно-методическом пособии (п.5).

3.2 Темы контрольных работ

– Тема контрольной работы № 2: Квантовые эффекты. Устройства наноэлектроники (Разделы 4-5 рабочей программы). Варианты контрольной работы приведены в учебно-методическом пособии (п. 2.5 - п.2.12). Учебно-методическое пособие содержат варианты заданий для контрольных работ и индивидуальных заданий. Для самостоятельного изучения рекомендуется список литературы и приводятся справочные материалы.

– Тема контрольной работы № 1: Физические основы наноэлектроники (Раздел 2 рабочей программы). Варианты контрольной работы приведены в учебно-методическом пособии (п.2.1 – п.2.4). Учебно-методическое пособие содержат варианты заданий для контрольных работ и индивидуальных заданий. Для самостоятельного изучения рекомендуется список литературы и приводятся справочные материалы.

3.3 Экзаменационные вопросы

– 1. Волна Де Бройля. Квантовое ограничение. Квантовые пленки. 2. Волна Де Бройля. Квантовое ограничение. Квантовые точки. 3. Волна Де Бройля. Квантовое ограничение. Квантовые шнуры. 4. Гетероструктуры. Энергетическая диаграмма ДГС. Основные требования, предъявляемые к гетероструктурам. Методы изготовления гетероструктур. 5. Сверхрешетки. Энергетические диаграммы сверхрешеток. Минизоны. 6. Сверхрешетки. Энергетические диаграммы сверхрешеток. Свойство электронов в сверхрешетках. 7. Баллистический транспорт. Квант сопротивления. Квант проводимости. 8. Способы формирования квантоворазмерных структур. Формирование квантовых точек. 9. Способы формирования квантоворазмерных структур. Формирование квантовых проволок. 10. Способы формирования квантоворазмерных структур. Формирование квантовых пленок. 11. Двумерный электронный газ в магнитном поле. Уровни Ландау. 12. Целочисленный и дробный эффект Холла. 13. Эффект Штарка. Эффект Штарка

Согласована на портале № 1793

в гетероструктурах с квантовыми ямами. 14. Туннельный эффект. Коэффициент прозрачности барьера. Резонансный туннельный эффект. 15. Эффект Джозефсона. Практическое применение эффекта Дзозефсона. 16. Кулоновская блокада. Кулоновская блокада с одним туннельным переходом. 17. Кулоновская блокада. Кулоновская блокада с двумя туннельными переходами одинаковой прозрачности. 18. Кулоновская блокада. Кулоновская блокада с двумя туннельными переходами различной прозрачности. 19. Сотуннелирование. Где наблюдается. Причины. 20. Резонансно туннельный диод. Конструкция. Энергетическая диаграмма. Принцип работы. ВАХ. 21. Резонансно туннельный транзистор. Конструкция. Принцип работы. ВАХ. 22. Одноэлектронный транзистор. Конструкция. Энергетическая диаграмма. Принцип работы. Передаточные и выходные характеристики. 23. HEMT транзисторы. Конструкции pHEMT транзисторов. Принцип работы. Передаточные и выходные характеристики. Применение. 24. HEMT транзисторы. Конструкции mHEMT транзисторов. Принцип работы. Передаточные и выходные характеристики. Применение. 25. Светодиоды и лазеры на основе ДГС. Конструкция. Энергетическая диаграмма. Принцип работы. Основные характеристики. Применение. 26. Светодиоды и лазеры на основе ДГС и квантовых точек. Конструкции. Принцип работы. Достоинства и недостатки. 27. Квантовые каскадные лазеры. Конструкция. Энергетическая диаграмма. Принцип работы. Применение. 28. ИК-фотоприемники. Конструкция. Энергетическая диаграмма. Принцип работы. Применение. 29. Оптические модуляторы. Конструкция. Энергетическая диаграмма. Принцип работы. Применение. 30. Лавинные фотодиоды. Конструкция. Энергетическая диаграмма. Принцип работы. Применение.

3.4 Темы лабораторных работ

- Моделирование характеристик HEMT - транзистора
- Исследование светодиодов на основе ДГС
- Исследование характеристик HEMT - транзистора
- Туннельный эффект

3.5 Темы курсовых проектов (работ)

Вариант №1

Тема проекта: **Светодиоды белого света**.

Содержание пояснительной записки:

1. Обзор литературы по светодиодам белого света, технологии изготовления, материалам, параметрам и конструкциям.
2. Выбор материалов кристалла и контактов.
3. Расчет конструкции светодиода, выбор конструкции контактов.
4. Выбор корпуса.

Перечень графического материала:

1. Технологический маршрут изготовления и конструкция светодиода.

Вариант №2

Тема проекта: **Светодиоды инфракрасного спектра**.

Содержание пояснительной записки:

1. Обзор литературы по ИК-светодиодам, технологии изготовления, материалам, параметрам и конструкциям.
2. Выбор материалов кристалла и контактов.
3. Расчет конструкции светодиода, выбор конструкции контактов.

Перечень графического материала:

Технологический маршрут изготовления и конструкция светодиода.

Исходные данные для расчета

1. Длина волны – 870 нм.

Вариант №3

Тема проекта: **Светодиоды синего спектра**.

Содержание пояснительной записки:

1. Обзор литературы по синим светодиодам, технологии изготовления, материалам, параметрам и конструкциям.
2. Выбор материалов кристалла и контактов.

Согласована на портале № 1793

3. Расчет конструкции светодиода, выбор конструкции контактов.

Перечень графического материала:

1. Технологический маршрут изготовления и конструкция светодиода.

Исходные данные для расчета

1. Основная длина волны – 450 нм.

Вариант №4

Тема проекта: **Светодиоды красного спектра**.

Содержание пояснительной записки:

1. Обзор литературы по светодиодам красного свечения, технологии изготовления, материалам, параметрам и конструкциям.
2. Выбор материалов кристалла и контактов.
3. Расчет конструкции светодиода, выбор конструкции контактов.

Перечень графического материала:

1. Технологический маршрут изготовления и конструкция светодиода.

Исходные данные для расчета

1. Основная длина волны – 660 нм.

Вариант №5

Тема проекта: **Светодиоды зеленого спектра**.

Содержание пояснительной записки:

1. Обзор литературы по светодиодам зеленого свечения, технологии изготовления, материалам, параметрам и конструкциям.
2. Выбор материалов кристалла и контактов.
3. Расчет конструкции светодиода, выбор конструкции контактов.

Перечень графического материала:

1. Технологический маршрут изготовления и конструкция светодиода.

Исходные данные для расчета

1. Основная длина волны – 550 нм.

Вариант №6

Тема проекта: **Светодиоды оранжевого спектра**.

Содержание пояснительной записки:

1. Обзор литературы по светодиодам оранжевого свечения, технологии изготовления, материалам, параметрам и конструкциям.
2. Выбор материалов кристалла и контактов.
3. Расчет конструкции светодиода, выбор конструкции контактов.

Перечень графического материала:

1. Технологический маршрут изготовления и конструкция светодиода.

Исходные данные для расчета

1. Основная длина волны – 610 нм.

Вариант №7

Тема проекта: **Светодиоды желтого спектра**.

Содержание пояснительной записки:

1. Обзор литературы по светодиодам желтого свечения, технологии изготовления, материалам, параметрам и конструкциям.
2. Выбор материалов кристалла и контактов.
3. Расчет конструкции светодиода, выбор конструкции контактов.

Перечень графического материала:

1. Технологический маршрут изготовления и конструкция светодиода.

Исходные данные для расчета

1. Основная длина волны – 570 нм.

Согласована на портале № 1793

Вариант №8

Тема проекта: **ИК – фотоприемники на многослойных гетероструктурах**.

Содержание пояснительной записки:

1. Обзор литературы по ИК – фотоприемники на многослойных гетероструктурах, технологии изготовления, материалам, параметрам и конструкциям.
2. Выбор материалов кристалла и контактов.
3. Расчет конструкции светодиода, выбор конструкции контактов.

Перечень графического материала:

1. Технологический маршрут изготовления и конструкция.

Исходные данные для расчета

1. Длина волны регистрируемого излучения – 2 – 5 мкм.

Вариант №9

Тема проекта: **Солнечные элементы на гетероструктурах**.

Содержание пояснительной записки:

1. Обзор литературы по солнечным элементам на гетероструктурах (в том числе и по каскадным), технологии изготовления, материалам, параметрам и конструкциям.
2. Выбор материалов кристалла и контактов.
3. Расчет конструкции светодиода, выбор конструкции контактов.

Перечень графического материала:

1. Технологический маршрут изготовления и конструкция.

Вариант №10

Тема проекта: **Светодиоды УФ излучения**.

Содержание пояснительной записки:

1. Обзор литературы по светодиодам УФ спектра, технологии изготовления, материалам, параметрам и конструкциям.
2. Выбор материалов кристалла и контактов.
3. Расчет конструкции светодиода, выбор конструкции контактов.

Перечень графического материала:

1. Технологический маршрут изготовления и конструкция светодиода.

Исходные данные для расчета

1. Основная длина волны – 330 нм.

Вариант №11

Тема проекта: **Светодиоды инфракрасного спектра**.

Содержание пояснительной записки:

1. Обзор литературы по ИК-светодиодам, технологии изготовления, материалам, параметрам и конструкциям.
2. Выбор материалов кристалла и контактов.
3. Расчет конструкции светодиода, выбор конструкции контактов.

Перечень графического материала:

1. Технологический маршрут изготовления и конструкция светодиода.

Исходные данные для расчета

1. Длина волны – 1100 нм.

Вариант №12

Тема проекта: **Светодиоды синего спектра**.

Срок сдачи законченной работы: 25.05.2014

1. Обзор литературы по синим светодиодам, технологии изготовления, материалам, параметрам и конструкциям.
2. Выбор материалов кристалла и контактов.
3. Расчет конструкции светодиода, выбор конструкции контактов.

Перечень графического материала:

Согласована на портале № 1793

1. Технологический маршрут изготовления и конструкция светодиода.
   Исходные данные для расчета
1. Основная длина волны – 490 нм.

Вариант №13

Тема проекта: **Светодиоды зеленого спектра**.

Содержание пояснительной записки:

1. Обзор литературы по светодиодам зеленого свечения, технологии изготовления, материалам, параметрам и конструкциям.
2. Выбор материалов кристалла и контактов.
3. Расчет конструкции светодиода, выбор конструкции контактов.

Перечень графического материала:

1. Технологический маршрут изготовления и конструкция светодиода.
   Исходные данные для расчета
1. Основная длина волны – 570 нм.

Вариант №14

Тема проекта**: Светодиоды красного спектра**.

Содержание пояснительной записки:

1. Обзор литературы по светодиодам красного свечения, технологии изготовления, материалам, параметрам и конструкциям.
2. Выбор материалов кристалла и контактов.
3. Расчет конструкции светодиода, выбор конструкции контактов.

Перечень графического материала:

1. Технологический маршрут изготовления и конструкция светодиода.
   Исходные данные для расчета
1. Основная длина волны – 610 нм.

Вариант №15

Тема проекта: **Светодиоды оранжевого спектра**.

Содержание пояснительной записки:

1. Обзор литературы по светодиодам оранжевого свечения, технологии изготовления, материалам, параметрам и конструкциям.
2. Выбор материалов кристалла и контактов.
3. Расчет конструкции светодиода, выбор конструкции контактов.

Перечень графического материала:

1. Технологический маршрут изготовления и конструкция светодиода.
   Исходные данные для расчета
1. Основная длина волны – 590 нм.

Вариант №16

Тема проекта: **Светодиоды желтого спектра**.

Срок сдачи законченной работы: 25.05.2014

Содержание пояснительной записки:

1. Обзор литературы по светодиодам желтого свечения, технологии изготовления, материалам, параметрам и конструкциям.
2. Выбор материалов кристалла и контактов.
3. Расчет конструкции светодиода, выбор конструкции контактов.

Перечень графического материала:

1. Технологический маршрут изготовления и конструкция светодиода.
   Исходные данные для расчета
1. Основная длина волны – 585 нм.

Вариант №17

Тема проекта: **Светодиоды белого света**.

Согласована на портале № 1793

Содержание пояснительной записки:

1. Обзор литературы по светодиодам белого света, технологии изготовления, материалам, параметрам и конструкциям.
2. Выбор материалов кристалла и контактов.
3. Расчет конструкции светодиода, выбор конструкции контактов.
4. Выбор корпуса.

Перечень графического материала:

1. Технологический маршрут изготовления и конструкция светодиода.

4 Методические материалы

Для обеспечения процесса обучения и решения задач обучения используются следующие материалы:

– методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы фор-мирования компетенций, согласно п. 12 рабочей программы.

4.1. Основная литература

1. Борисенко В. Е. Наноэлектроника: учебное пособие для вузов / В. Е. Борисенко, А. И. Воробьева, Е. А. Уткина. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 224 с. - ISBN 978-5-94774-914-4 (наличие в библиотеке ТУСУР - 81 экз.)

2. Троян П.Е. Наноэлектроника: учебное пособие / П.Е. Троян, Ю.В. Сахаров. - Министерство образования и науки Российской Федерации, Государственная корпорация "Российская корпорация нанотехнологий", Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. – Томск: ТУСУР, 2010. – 88 с (наличие в библиотеке ТУСУР - 15 экз.)

4.2. Дополнительная литература

1. Чаплыгин Ю.А. Нанотехнологии в электронике: Монография / Н. И. Боргардт [и др.] ; ред. Ю. А. Чаплыгин ; Московский государственный институт электронной техники. - М. : Техносфера, 2005. - 446 с. - ISBN 5-94836-059-8 (наличие в библиотеке ТУСУР - 20 экз.)

2. . Драгунов В.П. Основы наноэлектроники: учебное пособие для вузов / В. П. Драгунов, И. Г. Неизвестный, В. А. Гридчин. - М. : Физматкнига ; М. : Логос ; М. : Университетская книга, 2006. - 494 с. - ISBN 5-98704-054-X. - ISBN 5-89155-149-7 (наличие в библиотеке ТУСУР - 32 экз.)

3. Нанотехнологии в полупроводниковой электронике: Коллективная монография / Российская Академия наук, Сибирское отделение, Институт физики полупроводников; ред. А.Л. Асеев. – Новосибирск: Издательство СО РАН, 2004. – 367 [1] с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 10 экз.)

4. Электроника: Учебное пособие для вузов / А.А. Щука; ред. А.С. Сигов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 799 с (наличие в библиотеке ТУСУР - 3 экз.)

4.3. Учебно-методическое пособие и программное обеспечение

1. Троян П.Е. Наноэлектроника: Учебно-методическое пособие по аудиторным практическим занятиям и самостоятельной работе / П.Е. Троян, Ю.В. Сахаров. изд-во Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2015. – 31 с – [Электронный ресурс]. - http://miel.tusur.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=238

2. . Троян П.Е. Наноэлектроника: Учебно-методическое пособие по лабораторным работам / П.Е. Троян, Ю.В. Сахаров. – Томск: Изд-во Томск. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники, 2010. – 52 с. – [Электронный ресурс]. - http://miel.tusur.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=238

3. Троян П.Е.. Элементы и приборы наноэлектроники: Методические указания по курсовому проектированию / П.Е. Троян, Ю.В. Сахаров. – Томск: Изд-во Томск. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники, 2010. – 32 с - [Электронный ресурс]. - http://miel.tusur.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=238

4.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы

1. Нано Дайджест" - интернет-журнал, посвященный нанотехнология http://nanodigest.ru/stati/issledovaniia-i-razrabotki/nanoelektronika-dostizheniia-i-perspektivy

Согласована на портале № 1793