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

Проектирование электронной компонентной базы микроэлектроники и микросистемной техники

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: **6**
Учебный план набора 2016 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	6 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	36	36	часов
2	Практические занятия	18	18	часов
3	Лабораторные занятия	16	16	часов
4	Всего аудиторных занятий	70	70	часов
5	Из них в интерактивной форме	8	8	часов
6	Самостоятельная работа	38	38	часов
7	Всего (без экзамена)	108	108	часов
8	Подготовка и сдача экзамена	36	36	часов
9	Общая трудоемкость	144	144	часов
		4	4	З.Е

Экзамен: **6 семестр**

Томск 2016

Согласована на портале № 1356

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 № 1356

1. Цели и задачи дисциплины

1.1. Цели дисциплины

– формирование научной основы, необходимой для создания элементов, приборов и устройств микроэлектроники и микросистемной техники;

1.2. Задачи дисциплины

– изучение особенностей проектирования и конструирования элементов, приборов и устройств микроэлектроники и микросистемной техники;

2. Место дисциплины в структуре ООП

В соответствии с основной образовательной программой дисциплина «Проектирование электронной компонентной базы микроэлектроники и микросистемной техники» относится к обязательным дисциплинам вариативной части блока 1 **Б1.В.ОД.9**

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются следующие дисциплины: Материалы электронной техники, Твердотельная электроника, Технология материалов микро- и наноэлектроники

Последующими дисциплинами являются: Основы технологии электронной компонентной базы, Моделирование и проектирование микро- и наносистем, Конструкторско-технологическое обеспечение производства изделий микроэлектроники.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– **ОПК-4** готовностью применять современные средства выполнения и редактирования изображений и чертежей и подготовки конструкторско-технологической документации;

– **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** современные программные продукты для разработки топологических чертежей элементов и приборов микроэлектроники и микросистемной техники; современные методики расчета и проектирования элементов и приборов микроэлектроники и микросистемной техники с использованием программных комплексов; требования к оформлению конструкторской документации при разработке элементов и приборов микроэлектроники и микросистемной техники;

– **уметь** выполнять топологические чертежи элементов и приборов микроэлектроники и микросистемной техники с использованием программных комплексов; проводить расчет и проектирование элементов и приборов микроэлектроники и микросистемной техники с использованием программных комплексов; оформлять конструкторскую документацию на приборы и устройства микроэлектроники и микросистемной техники

– **владеть** методикой расчета, моделирования и проектирования приборов и устройств микроэлектроники и микросистемной техники; программным обеспечением для оформления конструкторской документации на приборы и устройства микроэлектроники и микросистемной техники; программным обеспечением для формирования топологических чертежей на приборы и устройства микроэлектроники и микросистемной техники;

Согласована на портале № 1356

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

№	Виды учебной деятельности	6 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	36	36	часов
2	Практические занятия	18	18	часов
3	Лабораторные занятия	16	16	часов
4	Всего аудиторных занятий	70	70	часов
5	Из них в интерактивной форме	8	8	часов
6	Самостоятельная работа	38	38	часов
7	Всего (без экзамена)	108	108	часов
8	Подготовка и сдача экзамена	36	36	часов
9	Общая трудоемкость	144	144	часов
		4	4	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	Самостоятельная работа	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
1	Введение	2	0	0	2	4	ПСК-1
2	Конструирование и расчет элементов гибридных микросхем	4	4	4	8	20	ОПК-4, ПСК-1, ПСК-3
3	Проектирование топологии гибридных схем	4	4	8	6	22	ОПК-4, ПСК-1, ПСК-3
4	Проектирование и расчет полупроводниковых приборов и элементов полупроводниковых микросхем на биполярных транзисторах	8	6	4	4	22	ОПК-4, ПСК-1, ПСК-3
5	Проектирование топологии биполярных полупроводниковых микросхем	8	0	0	6	14	ОПК-4, ПСК-1, ПСК-3
6	Проектирование и расчет элементов полупроводниковых микросхем на структурах	4	4	0	8	16	ОПК-4, ПСК-1, ПСК-3

Согласована на портале № 1356

	металл-диэлектрик-полупроводник (МДП)						
7	Проектирование БИС и СБИС	6	0	0	4	10	ОПК-4, ПСК-1, ПСК-3
	Итого	36	18	16	38	108	

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	Трудоемкость (час.)	Формируемые компетенции
6 семестр				
1	Введение	Основные проблемы и задачи курса. Классификация микросхем по функциональным, структурным и конструкторско-технологическим признакам. Система условных обозначений микросхем. Маркировка.	2	ПСК-1
2	Конструирование и расчет элементов гибридных микросхем	Типы подложек. Конструкции и расчет пленочных резисторов. Конструкции и расчет пленочных конденсаторов. Конструкции и расчет пленочных индуктивностей. Расчет пленочных проводников и контактных площадок. Конструкции навесных компонентов. Конструкции и расчет СВЧ ГИС. Конструкции и расчет элементов толстопленочных ИС. Микроэлектромеханические системы (МЭМС): микродвигатели, акселерометры, гироскопы, микроприводы. миниатюрные управляемые электрорадиомеханические и оптоэлектромеханические компоненты: конденсаторы, катушки индуктивности, резисторы, реле, резонаторы.	6	ОПК-4, ПСК-1, ПСК-3
3	Проектирование топологии гибридных схем	Особенности топологии гибридных ИС и этапы ее проектирования. Особенности топологии изделий типа "система в корпусе" (СвК). Паразитные связи в гибридных микросхемах. Расчет теплового режима гибридной микросхемы. Методы повышения надежности гибридных интегральных схем. Конструкторская документация.	4	ОПК-4, ПСК-1, ПСК-3

Согласована на портале № 1356

4	Проектирование и расчет полупроводниковых приборов и элементов полупроводниковых микросхем на биполярных транзисторах	Основные особенности биполярных полупроводниковых микросхем. Подложки полупроводниковых микросхем. Пассивные элементы полупроводниковых микросхем. Конструирование и расчет интегральных резисторов и конденсаторов. Активные элементы полупроводниковых микросхем. Выбор физической структуры и конфигурации транзисторов. Расчет основных параметров биполярных транзисторов. Диодные включения транзисторных структур. Проектирование диодов и транзисторов с барьером Шоттки.	8	ОПК-4, ПСК-1, ПСК-3
5	Проектирование топологии биполярных полупроводниковых микросхем	Способы изоляции элементов полупроводниковых микросхем на биполярных транзисторах. Основные правила проектирования топологии полупроводниковых микросхем на биполярных транзисторах. Оосбенности проектирование изделий типа "система на кристалле" (СнК). Паразитные эффекты. Конструкторская документация.	8	ОПК-4, ПСК-1, ПСК-3
6	Проектирование и расчет элементов полупроводниковых микросхем на структурах металл-диэлектрик-полупроводник (МДП)	Виды полевых интегральных МДП-транзисторов. Выбор физической структуры и расчет МДП-транзистора. Основные принципы построения МДП микросхем. Инвертор. Проектирование топологии МДП микросхем.	4	ОПК-4, ПСК-1, ПСК-3
7	Проектирование БИС и СБИС	Общая характеристика БИС и СБИС. Основные параметры, характеризующие конструктивно-технологические и схемотехнические особенности БИС. Принципы выполнения системы соединений в БИС. Функционально-интегрированные элементы. Инжекционная инжекционно-полевая логика. Матричные БИС. Базовые матричные кристаллы на основе биполярных транзисторов. Базовые матричные кристаллы на основе МДП-структур. Программируемые логические матрицы (ПЛМ). ПЛМ на МДП-транзисторах с плавающим затвором.	4	ОПК-4, ПСК-1, ПСК-3
	Итого		36	

Согласована на портале № 1356

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	7	8
Предшествующие дисциплины									
1	Материалы электронной техники		+						+
2	Твердотельная электроника	+		+	+	+	+	+	+
3	Технология материалов микро- и наноэлектроники		+	+	+	+	+		
Последующие дисциплины									
1	Основы технологии электронной компонентной базы		+	+	+	+	+		
2	Конструкторско-технологическое обеспечение производства изделий микроэлектроники		+	+	+	+	+	+	+
3	Моделирование и проектирование микро- и наносистем			+	+	+	+	+	+

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-4	+	+	+	+
ПСК-1	+	+	+	+
ПСК-3	+	+	+	+

Согласована на портале № 1356

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
Case-study (метод конкретных ситуаций)	2		2
Мозговой штурм	2		2
Работа в команде	2		2
Презентации с использованием слайдов с обсуждением		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	Трудоемкость (час.)	Формируемые компетенции
6 семестр				
1	Конструирование и расчет элементов гибридных микросхем	Осаждение резистивных и проводящих пленок.	4	ОПК-4, ПСК-1, ПСК-3
2	Проектирование топологии гибридных схем	Изучение погрешности изготовления тонкопленочных резисторов	4	ОПК-4, ПСК-1, ПСК-3
3	Проектирование топологии гибридных схем	Изготовление и исследование тонкопленочных конденсаторов	4	ОПК-4, ПСК-1, ПСК-3
4	Проектирование и расчет полупроводниковых приборов и элементов полупроводниковых микросхем на биполярных транзисторах	Технология получения диффузионных p-n переходов	4	ОПК-4, 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	Трудоемкость (час.)	Формируемые компетенции

Согласована на портале № 1356

6 семестр				
1	Конструирование и расчет элементов гибридных микросхем	Расчет пленочных резисторов. Расчет пленочных конденсаторов. Расчет пленочных индуктивностей.	4	ПСК-1, ПСК-3
2	Проектирование топологии гибридных схем	Расчет теплового режима ГИС. Расчет паразитных связей в ГИС.	4	ОПК-4, ПСК-1, ПСК-3
3	Проектирование и расчет полупроводниковых приборов и элементов полупроводниковых микросхем на биполярных транзисторах	Расчет полупроводникового резистора. Расчет Полупроводникового конденсатора. Расчет биполярного транзистора.	6	ОПК-4, ПСК-1, ПСК-3
4	Проектирование и расчет элементов полупроводниковых микросхем на структурах металл-диэлектрик-полупроводник (МДП)	Расчет МДП-транзистора и элементов на его основе.	4	ОПК-4, ПСК-1, ПСК-3
	Итого		18	

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	Трудоемкость (час.)	Формируемые компетенции	Формы контроля
6 семестр					
1	Проектирование и расчет полупроводниковых приборов и элементов полупроводниковых микросхем на биполярных транзисторах	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-4, ПСК-1, ПСК-3	Отчет по лабораторной работе, Контрольная работа, Экзамен
2	Проектирование и расчет элементов полупроводниковых микросхем на структурах металл-диэлектрик-полупроводник (МДП)	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-4, ПСК-1, ПСК-3	Контрольная работа, Экзамен
3	Конструирование и расчет элементов гибридных микросхем	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ПСК-1, ПСК-3	Отчет по лабораторной работе, Контрольная работа, Экзамен
4	Проектирование топологии гибридных схем	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-4, ПСК-1, ПСК-3	Контрольная работа, Экзамен
5	Проектирование	Проработка	2	ОПК-4,	Контрольная работа,

Согласована на портале № 1356

	топологии гибридных схем	лекционного материала		ПСК-1, ПСК-3	Экзамен
6	Введение	Проработка лекционного материала	2	ПСК-1	Экзамен
7	Проектирование БИС и СБИС	Проработка лекционного материала	2	ОПК-4, ПСК-1, ПСК-3	Контрольная работа, Экзамен
8	Проектирование и расчет элементов полупроводниковых микросхем на структурах металл-диэлектрик-полупроводник (МДП)	Проработка лекционного материала	2	ОПК-4, ПСК-1, ПСК-3	Контрольная работа, Экзамен
9	Проектирование топологии биполярных полупроводниковых микросхем	Проработка лекционного материала	2	ОПК-4, ПСК-1, ПСК-3	Контрольная работа, Экзамен
10	Проектирование и расчет полупроводниковых приборов и элементов полупроводниковых микросхем на биполярных транзисторах	Проработка лекционного материала	2	ОПК-4, ПСК-1, ПСК-3	Контрольная работа, Экзамен
11	Конструирование и расчет элементов гибридных микросхем	Проработка лекционного материала	2	ОПК-4, ПСК-1, ПСК-3	Контрольная работа, Экзамен
12	Конструирование и расчет элементов гибридных микросхем	Оформление отчетов по лабораторным работам	4	ОПК-4, ПСК-1, ПСК-3	Отчет по лабораторной работе
13	Проектирование топологии гибридных схем	Оформление отчетов по лабораторным работам	4	ОПК-4, ПСК-1, ПСК-3	Отчет по лабораторной работе
14	Проектирование и расчет полупроводниковых приборов и элементов полупроводниковых микросхем на биполярных транзисторах	Оформление отчетов по лабораторным работам	4	ОПК-4, ПСК-1, ПСК-3	Отчет по лабораторной работе
15	Проектирование топологии гибридных схем	Оформление отчетов по лабораторным работам	4	ОПК-4, ПСК-1, ПСК-3	Отчет по лабораторной работе
	Всего (без экзамена)		38		
16	Подготовка к экзамену		36		Экзамен
	Итого		74		

Согласована на портале № 1356

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
6 семестр				
Контрольная работа	10	20	20	50
Отчет по лабораторной работе		10	10	20
Экзамен				30
Нарастающим итогом	10	40	70	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 № 1356

12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

12.1. Основная литература

1. Проектирование и конструирование интегральных микросхем : учебное пособие / А. А. Жигальский ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра физической электроники. - Томск : ТУСУР, 2007. - 195 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 50 экз.)

2. Технология, конструкции и методы моделирования кремниевых интегральных микросхем: учебное пособие для вузов: в 2 ч. / ред. Ю. А. Чаплыгин. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012 - 423 с. ISBN 978-5-94774-538-2. (наличие в библиотеке ТУСУР - 35 экз.)

12.2. Дополнительная литература

1. Справочное пособие по конструированию микросхем : справочное издание / Э. А. Матсон, Д. М. Крыжановский. - Минск : Вышэйшая школа, 1982. - 224 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 51 экз.)

2. Технология и конструкции микросхем, микропроцессоров и микросборок : Учебник для вузов / Л. А. Коледов. - М. : Радио и связь, 1989. - 400 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 48 экз.)

3. Конструкции и технология микросхем : Учебное пособие для вузов / Э. А. Матсон. - Минск : Вышэйшая школа, 1985. - 206 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 48 экз.)

12.3. Учебно-методическое пособие и программное обеспечение

1. Проектирование и конструирование интегральных микросхем : Учебно-методическое пособие по аудиторным практическим занятиям и самостоятельной работе для студентов специальности 210104 "Микроэлектроника и твердотельная электроника" /А. А. Жигальский ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра физической электроники. - Томск : ТУСУР, 2007. - 40 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 51 экз.)

2. Технология тонкопленочных микросхем: методические указания по выполнению лабораторных работ для студентов специальности 210104 "Микроэлектроника и твердотельная электроника" / Т. И. Данилина, Ю. В. Сахаров; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. - Томск : ТУСУР, 2007. - 63 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 30 экз.)

12.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы

1. Электронный журнал "Нано- и микросистемная техника" // http://novtex.ru/nmst/about.shtml

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 № 1356

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

Элементная база микро- и наносистем

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: **6**

Учебный план набора 2016 года

Разработчики:

- Доцент каф. ФЭ Сахаров Ю. В.

Экзамен: 6 семестр

Томск 2016

Согласована на портале № 1356

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-4	готовностью применять современные средства выполнения и редактирования изображений и чертежей и подготовки конструкторско-технологической документации	**Должен знать:** современные программные продукты для разработки топологических чертежей элементов и приборов микроэлектроники и микросистемной техники; современные методики расчета и проектирования элементов и приборов микроэлектроники и микросистемной техники с использованием программных комплексов; требования к оформлению конструкторской документации при разработке элементов и приборов микроэлектроники и микросистемной техники;; **Должен уметь:** выполнять топологические чертежи элементов и приборов микроэлектроники и микросистемной техники с использованием программных комплексов; проводить расчет и проектирование элементов и приборов микроэлектроники и микросистемной техники с использованием программных комплексов; оформлять конструкторскую документацию на приборы и устройства микроэлектроники и микросистемной техники; **Должен владеть:** методикой расчета, моделирования и проектирования приборов и устройств микроэлектроники и микросистемной техники; программным обеспечением для оформления конструкторской документации на приборы и устройства микроэлектроники и микросистемной техники; программным обеспечением для формирования топологических чертежей на приборы и устройства микроэлектроники и микросистемной техники;
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;	

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

Согласована на портале № 1356

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-4

ОПК-4: готовностью применять современные средства выполнения и редактирования изображений и чертежей и подготовки конструкторско-технологической документации.

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	современные программные продукты для разработки топологических чертежей элементов и приборов микроэлектроники и микросистемной техники	выполнять топологические чертежи элементов и приборов микроэлектроники и микросистемной техники с использованием программных комплексов	программным обеспечением для формирования топологических чертежей на приборы и устройства микроэлектроники и микросистемной техники
Виды занятий	• Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Подготовка к экзамену;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Лекции;	• Интерактивные практические занятия; • Лабораторные занятия; • Самостоятельная работа;

Согласована на портале № 1356

		• Самостоятельная работа; • Подготовка к экзамену;	
Используемые средства оценивания	• Контрольная работа; • Экзамен; • Конспект по самостоятельной работе	• Контрольная работа; • Отчет по лабораторной работе; • Экзамен; • Конспект по самостоятельной работе	• Выполнение лабораторных работ и защита отчетов; • Экзамен; • Защита практических заданий; • Конспект по самостоятельной работе;

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)	• в совершенстве современные программные продукты для разработки топологических чертежей элементов и приборов микроэлектроники и микросистемной техники, сферу его применения, системные требования, достоинства и недостатки;	• пользоваться современными программными продуктами для разработки топологических чертежей элементов и приборов микроэлектроники и микросистемной техники, проводить его установку и настройку;	• методикой разработки сложных топологических чертежей элементов и приборов микроэлектроники и микросистемной техники с использованием современных программных комплексов;
Хорошо (базовый уровень)	• основные программные продукты для разработки топологических чертежей элементов и приборов микроэлектроники и микросистемной техники, а также системные требования;	• пользоваться основными программными продуктами для разработки топологических чертежей элементов и приборов микроэлектроники и микросистемной техники;	• методикой разработки простых топологических чертежей элементов и приборов микроэлектроники и микросистемной техники с использованием основных программных комплексов;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• перечень программных продуктов для разработки топологических чертежей элементов и приборов микроэлектроники и микросистемной	• пользоваться методической и справочной литературой по программным продуктам, позволяющей разрабатывать типовые топологические	• методикой поиска справочной и методической литературы для разработки типовых топологических чертежей элементов и приборов микроэлектроники и

Согласована на портале № 1356

	техники, а также перечень справочной и методической литературы по работе с ним;	чертежи элементов и приборов микроэлектроники и микросистемной техники;	микросистемной техники с использованием программных комплексов;

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 микроэлектроники и микросистемной техники	Пользоваться программным обеспечением для расчета и проектирования приборов и устройств микроэлектроники и микросистемной техники	методикой расчета и проектирования приборов и устройств микроэлектроники и микросистемной техники
Виды занятий	• 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; • Экзамен; • Конспект по самостоятельной работе	• Контрольная работа; • Отчет по лабораторной работе; • Конспект по самостоятельной работе; • Экзамен; • Защита практических заданий.	• Выполнение лабораторных работ и защита отчетов; • Конспект по самостоятельной работе; • Экзамен; • Защита практических заданий

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

Согласована на портале № 1356

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

Согласована на портале № 1356

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 микроэлектроники и микросистемной техники. Этапы выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по разработке приборов и устройств микроэлектроники и микросистемной техники.	оформлять конструкторскую документацию на приборы и устройства микроэлектроники и микросистемной техники в соответствии с ЕСКД	программным обеспечением для оформления конструкторской документации на приборы и микроэлектроники и микросистемной техники в соответствии с ЕСКД
Виды занятий	• 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 лабораторной работе; • Экзамен; • Конспект по самостоятельной работе;	• Контрольная работа; • Отчет по лабораторной работе; • Конспект по самостоятельной работе; • Экзамен; • Защита практических заданий	• Выполнение лабораторных работ и защита отчетов; • Конспект по самостоятельной работе; • Экзамен; • Защита практических заданий.

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

Согласована на портале № 1356

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 микроэлектроники и микросистемной техники. Этапы выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по разработке приборов и устройств микроэлектроники и микросистемной техники;	• оформлять конструкторскую документацию по разработке приборов и устройств микроэлектроники и микросистемной техники в соответствии с международными и внутренними стандартами. Выполнять научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по разработке приборов и устройств микроэлектроники и микросистемной техники;	• методикой оформления конструкторской документации по разработке приборов и устройств микроэлектроники и микросистемной техники в соответствии с международными и внутренними стандартами. Навыками организации научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по разработке приборов и устройств микроэлектроники и микросистемной техники;
Хорошо (базовый уровень)	• внутренние требования к оформлению конструкторской документации при разработке приборов и устройств микроэлектроники и микросистемной техники. Основные этапы выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по разработке приборов и устройств микроэлектроники и микросистемной техники;	• оформлять конструкторскую документацию по разработке приборов и устройств микроэлектроники и микросистемной техники в соответствии с ЕСКД. Выполнять научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по разработке приборов и устройств микроэлектроники и микросистемной техники под руководством;	• методикой оформления конструкторской документации по разработке приборов и устройств микроэлектроники и микросистемной техники в соответствии с ЕСКД. Методикой проведения типовых научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по разработке приборов и устройств микроэлектроники и микросистемной техники;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• справочную литературу в которой перечислены требования к оформлению конструкторской документации при разработке приборов и устройств микроэлектроники и	• пользоваться справочной литературой по оформлению конструкторской документации по разработке приборов и устройств микроэлектроники и микросистемной	• методикой поиска литературы по оформлению конструкторской документации по разработке приборов и устройств микроэлектроники и микросистемной техники в соответствии

Согласована на портале № 1356

	микросистемной техники. а также основные этапы выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по разработке приборов и устройств микроэлектроники и микросистемной техники;	техники. Выполнять инструкции при проведении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по разработке приборов и устройств ммикроэлектроники и микросистемной техники;	с ЕСКД. Методикой проведения простых научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по разработке приборов и устройств микроэлектроники 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 контрольных работ

– Темы контрольной работы № 4 Раздел 4 рабочей программы – Расчет интегрального резистора полупроводниковой ИМС. Раздел 6 рабочей программы – ИМС на МДП – транзисторах. Раздел 4 рабочей программы – Расчет биполярного транзистора. Раздел 5 рабочей программы – Правила проектирования топологии полупроводниковых ИМС. Раздел 5 рабочей программы – Методы изоляции элементов полупроводниковых ИМС и общие вопросы проектирования интегральных диодов и транзисторов. Варианты контрольной работы приведены в учебно-методическом пособии (п. 3). Учебно-методическое пособие содержат варианты заданий для контрольных работ (п.3. таблица 3.1.). Для самостоятельного изучения рекомендуется список литературы и приводятся справочные материалы.

– Тема контрольной работы № 3 Тепловой расчет (Разделы 2 рабочей программы). Варианты контрольной работы приведены в учебно-методическом пособии (п. 2). Учебно-методическое пособие содержат варианты заданий для контрольных работ и индивидуальных заданий (п.2. таблица 2.3.). Для самостоятельного изучения рекомендуется список литературы и приводятся справочные материалы.

– Тема контрольной работы № 2 Расчет тонкопленочного конденсатора (Разделы 2 рабочей программы). Варианты контрольной работы приведены в учебно-методическом пособии (п. 2). Учебно-методическое пособие содержат варианты заданий для контрольных работ и индивидуальных заданий (п.2. таблица 2.2.). Для самостоятельного изучения рекомендуется список литературы и приводятся справочные материалы.

– Тема контрольной работы № 1 Расчет тонкопленочного резистора (Разделы 2 рабочей программы). Варианты контрольной работы приведены в учебно-методическом пособии (п. 2). Учебно-методическое пособие содержат варианты заданий для контрольных работ и индивидуальных заданий (п.2. таблица 2.1.). Для самостоятельного изучения рекомендуется список литературы и приводятся справочные материалы.

3.2 Экзаменационные вопросы

– 1. Подложки ГИС. Назначение. Требования к материалу подложек. Материалы подложек ГИС. 2. Материалы пленок тонкопленочных ИМС. 3. Конфигурации тонкопленочных резисторов. 4. Расчет конструкции тонкопленочного резистора имеющего 1<Кф<10. 5. Расчет конструкции тонкопленочного резистора имеющего Кф<1. 6. Расчет конструкции тонкопленочного резистора имеющего Кф>10. 7. Конструкции тонкопленочных резисторов с подгонкой сопротивления. 8. Конструкции пленочных конденсаторов. Ограничения при проектировании пленочных конденсаторов. 9. Расчет пленочного конденсатора. Номиналы емкостей тонкопленочных конденсаторов. 10. Конструкции подгоняемых тонкопленочных конденсаторов. 11. Материалы тонкопленочных конденсаторов. Требования к материалам тонкопленочных конденсаторов. 12.

Согласована на портале № 1356

Конструкции пленочных индуктивностей. Номиналы индуктивностей. 13. Конструкции тонкопленочных распределенных RC-структур. 14. Навесные элементы ГИС. 15. Характеристика основных этапов проектирования топологии. 16. Основные этапы теплового расчета ГИС. Зоны теплового влияния. Расчет зон теплового влияния. 17. Подложки полупроводниковых ИМС. Система условных обозначений полупроводниковых пластин. 18. Диэлектрические подложки полупроводниковых ИМС. Типы подложек. Основные преимущества по сравнению с полупроводниковыми. 19. Диэлектрические подложки полупроводниковых ИМС. Основные требования предъявляемые к материалу подложек. Система условных обозначений. Материалы для подложек. 20. Виды элементов, реализуемых в полупроводниковой технологии и способы их создания. 21. Интегральные транзисторы n-p-n. Конструкция, с указанием глубин залегания диффузионных областей. Этапы создания диффузионных областей транзистора, требования к их концентрации и размерам областей. 22. Интегральные транзисторы p-n-p. Конструкции p-n-p транзисторов. Основные недостатки p-n-p транзисторов и способы их устранения. 23. Многоэмиттерные транзисторы n-p-n. Конструкции, назначение. 24. Многоколлекторные транзисторы n-p-n. Конструкции, назначение, Основные проблемы при конструировании и способы их устранения. 25. Интегральная инжекционная логика И2Л с горизонтальным инжектором. Основные достоинства. Назначение. 26. Интегральная инжекционная логика И2Л с вертикальным инжектором. Основные достоинства. Назначение. 27. Инжекционно-полевая логика ИПЛ. 28. Интегральные диоды. Конструкции. 29. Интегральные диоды. Проблемы при создании интегральных диодов и способы их решения. 30. Интегральные диоды. Параметры диодов при различных конструкциях. 31. Диоды Шотки. Технологические трудности при создании диодов Шоттки и способы их решения. 32. Диоды Шотки. Материалы, используемые при изготовлении диодов Шоттки. Технологические ограничения. 33. Транзисторы с диодами Шотки. Конструкции, назначение. 34. Интегральные резисторы. Конструкции, параметры. 35. Интегральные резисторы. Основные этапы расчета. 36. Интегральные конденсаторы. 37. Методы изоляции элементов ИМС. Диодная изоляция. 38. Методы изоляции элементов ИМС. Коллекторная изолирующая диффузия. 39. Методы изоляции элементов ИМС. Базовая изолирующая диффузия. 40. Методы изоляции элементов ИМС. Метод трех фотошаблонов. 41. Методы изоляции элементов ИМС. Метод самоизоляции n-областью. 42. Методы изоляции элементов ИМС. Изоляция тонкой пленкой диэлектрика. 43. Методы изоляции элементов ИМС. Коллекторная изолирующая диффузия. 44. Методы изоляции элементов ИМС. Декаль-метод. 45. Методы изоляции элементов ИМС. Метод балочных выводов. 46. Методы изоляции элементов ИМС. Метод кремний на сапфире. 47. Методы изоляции элементов ИМС. Изопланар. 48. Методы изоляции элементов ИМС. Полипланар. 49. Разработка топологии ИМС. Правила проектирования изолированных областей. 50. Разработка топологии ИМС. Правила размещения элементов ИМС на площади кристалла. 51. Микроэлектромеханические системы (МЭМС): микродвигатели, акселерометры, гироскопы, микроприводы.

3.3 Темы лабораторных работ

- Технология получения диффузионных p-n переходов
- Изготовление и исследование тонкопленочных конденсаторов
- Изучение погрешности изготовления тонкопленочных резисторов
- Осаждение резистивных и проводящих пленок.

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 формирования компетенций, согласно п. 12 рабочей программы.

Согласована на портале № 1356

4.1. Основная литература

1. Проектирование и конструирование интегральных микросхем : учебное пособие / А. А. Жигальский ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра физической электроники. - Томск : ТУСУР, 2007. - 195 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 50 экз.)

2. Технология, конструкции и методы моделирования кремниевых интегральных микросхем: учебное пособие для вузов: в 2 ч. / ред. Ю. А. Чаплыгин. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012 - 423 с. ISBN 978-5-94774-538-2. (наличие в библиотеке ТУСУР - 35 экз.)

4.2. Дополнительная литература

1. Справочное пособие по конструированию микросхем : справочное издание / Э. А. Матсон, Д. М. Крыжановский. - Минск : Вышэйшая школа, 1982. - 224 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 51 экз.)

2. Технология и конструкции микросхем, микропроцессоров и микросборок : Учебник для вузов / Л. А. Коледов. - М. : Радио и связь, 1989. - 400 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 48 экз.)

3. Конструкции и технология микросхем : Учебное пособие для вузов / Э. А. Матсон. - Минск : Вышэйшая школа, 1985. - 206 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 48 экз.)

4.3. Учебно-методическое пособие и программное обеспечение

1. Проектирование и конструирование интегральных микросхем : Учебно-методическое пособие по аудиторным практическим занятиям и самостоятельной работе для студентов специальности 210104 "Микроэлектроника и твердотельная электроника" / А. А. Жигальский ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра физической электроники. - Томск : ТУСУР, 2007. - 40 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 51 экз.)

2. Технология тонкопленочных микросхем : методические указания по выполнению лабораторных работ для студентов специальности 210104 "Микроэлектроника и твердотельная электроника" / Т. И. Данилина, Ю. В. Сахаров ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. - Томск : ТУСУР, 2007. - 63 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 30 экз.)

4.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы

1. Электронный журнал "Нано- и микросистемная техника" // http://novtex.ru/nmst/about.shtml

Согласована на портале № 1356