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

Современные проблемы электроники

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки (специальность): **27.03.05 Инноватика**
Направленность (профиль): **Управление инновациями в электронной технике**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **ФИТ, Факультет инновационных технологий**
Кафедра: **УИ, Кафедра управления инновациями**
Курс: **4**
Семестр: **7**
Учебный план набора 2014,2015 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	7 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	36	36	часов
2	Практические занятия	36	36	часов
3	Всего аудиторных занятий	72	72	часов
4	Из них в интерактивной форме	16	16	часов
5	Самостоятельная работа	72	72	часов
6	Всего (без экзамена)	144	144	часов
7	Подготовка и сдача экзамена / зачета	36	36	часов
8	Общая трудоемкость	180	180	часов
		5.0	5.0	З.Е

Экзамен: 7 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 11552

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 21 от « 20 » 1 2017 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 27.03.05 Инноватика, утвержденного 2016-08-11 года, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «20» января 2017 года, протокол №21.

Разработчик:

к.ф.-м.н., доцент каф. УИ _____ Дробот П. Н.

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

Декан ФИТ _____ Нариманова Г. Н.

Заведующий обеспечивающей и выпускающей каф. УИ _____ Нариманова Г. Н.

Эксперты:

к.ф.-м.н., доцент каф. УИ _____ Антипин М. Е.

к.ф.-м.н., доцент каф. УИ _____ Насртдинов И. М.

Согласована на портале № 11552

1. Цели и задачи дисциплины

1.1. Цели дисциплины

Изучение передовых достижений, основных направлений, тенденций, перспектив и проблем развития современной электроники и наноэлектроники с целью выработки навыков оценки новизны исследований и разработок, освоения новых

методологических подходов к решению профессиональных задач в области электроники и наноэлектроники.

1.2. Задачи дисциплины

– Получение знаний по основным направлениям развития электроники и наноэлектроники, умений применять данные знания для создания инновационных проектов и программ разработки новых электронных устройств нового поколения.

–

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Современные проблемы электроники» (Б1.В.ОД.13 в учебном плане 2014 г. набора; Б1.В.ОД.8 в учебном плане 2015 г. набора) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются следующие дисциплины: Введение в профессию, Промышленные технологии и инновации, Химия и материаловедение-1, Химия и материаловедение-2, Электротехника и электроника.

Последующими дисциплинами являются: Проектирование цифровых систем управления.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ПК-9 способностью использовать когнитивный подход и воспринимать (обобщать) научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования;

В результате изучения дисциплины студент должен:

– **знать** современное состояние электроники и перспективных направлений, путей дальнейшего развития электроники и электронной техники и возникающие в настоящий момент технологические трудности; способы преодоления технологических проблем и ограничений, сдерживающих развитие кремниевой микроэлектроники; развитие понимания взаимосвязи требований к технологическому процессу и параметров используемых материалов и оборудования.

– **уметь** формулировать задачи и делать обоснованный выбор методов исследования на этапе экспериментальной разработки полупроводниковой среды с необходимыми свойствами; выдвигать и проверять гипотезы; грамотно ставить и проводить эксперимент; использовать закономерности теории для объяснения новых физических процессов в полупроводниках; предвидеть возможные пути дальнейшего развития перспективных научно – технических направлений развития полупроводниковой электроники и электронной техники; оценивать состояние и видеть перспективу в развитии различных направлений электроники; видеть диалектическую преемственность микро- и наноэлектроники; самостоятельно приобретать новые знания; защищать публично свою точку зрения; подготавливать материалы к докладам и публикациям.

– **владеть** критической оценкой новых результатов научных и технических исследований и достижений, их подлинную новизну и актуальность, влияние различных факторов на точность и адекватность представленных новых данных, полученных в теории и в эксперименте; владение современной научной терминологией; владение современными технологическими подходами к изготовлению дискретных полупроводниковых приборов и микросхем.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		7 семестр

Согласована на портале № 11552

Аудиторные занятия (всего)	72	72
Лекции	36	36
Практические занятия	36	36
Из них в интерактивной форме	16	16
Самостоятельная работа (всего)	72	72
Проработка лекционного материала	22	22
Подготовка к практическим занятиям, семинарам	50	50
Всего (без экзамена)	144	144
Подготовка и сдача экзамена / зачета	36	36
Общая трудоемкость час	180	180
Зачетные Единицы Трудоемкости	5.0	5.0

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	Самостоятельная работа	(без экзамена) Всего часов	компетенции Формируемые
1	Введение	4	6	14	24	ПК-9
2	Современные проблемы получения и производства материалов полупроводниковой электроники. Технологии получения поликристаллического кремния. Новейшие материалы молибденит и графен.	8	8	14	30	ПК-9
3	Современные проблемы интегральной микроэлектроники. Проблемы на пути перехода к наноэлектронике. Электроника наноразмерных структур.	6	8	14	28	ПК-9
4	Современные проблемы функциональной электроники. Функциональная электроника – электроника четвертого поколения. Динамические неоднородности и токовые неустойчивости – основа функциональной электроники. Спиральная неустойчивость тока в полупроводниках и приборы на ее основе.	8	6	14	28	ПК-9

Согласована на портале № 11552

5	Приборы современной электроники. Транзисторы для СВЧ. Транзисторы на основе GaN-SiC. Графеновая электроника – электроника будущего. Транзисторы на основе графена.	10	8	16	34	ПК-9
	Итого	36	36	72	144	

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	ч Трудоемкость,	компетенции Формируемые
7 семестр			
1 Введение	Наука и производство в области электронной техники – обширный раздел знаний. Ключевые направления развития электроники и электронной техники. Производство новых высокочистых полупроводниковых материалов и развитие новых производств кремния. Интегральная электроника. Функциональная электроника. Электроника будущего на основе новых материалов: молибденит и графен.	4	ПК-9
	Итого	4	
2 Современные проблемы получения и производства материалов полупроводниковой электроники. Технологии получения поликристаллического кремния. Новейшие материалы молибденит и графен.	Кремний – основной материал современной электроники. Традиционная технология получения поликристаллического кремния. Производство поликристаллического кремния в Российской Федерации. Производство поликристаллического кремния по технологии восстановления в плазме СВЧ разряда. Получение монокристаллического кремния. Молибденит. Алмаз как материал для СВЧ-приборов. Антимонид и арсенид индия. Углеродные нанотрубки. Графен. В направлении к графеновой электронике.	8	ПК-9
	Итого	8	

Согласована на портале № 11552

3 Современные проблемы интегральной микроэлектроники. Проблемы на пути перехода к наноэлектронике. Электроника наноразмерных структур.	Гордон Мур: от компании Шокли до компании Intel. Проблемы на пути перехода от микро– к наноэлектронике. Новые подходы к созданию электроники наноразмерных элементов и наноструктур.	6	ПК-9
	Итого	6	
4 Современные проблемы функциональной электроники. Функциональная электроника – электроника четвертого поколения. Динамические неоднородности и токовые неустойчивости – основа функциональной электроники. Спиральная неустойчивость тока в полупроводниках и приборы на ее основе.	Функциональная электроника – электроника четвертого поколения – альтернатива интегральной микро– и наноэлектронике. Динамические неоднородности и токовые неустойчивости – основа функциональной электроники. Единая модель прибора функциональной электроники. Винтовая неустойчивость тока в полупроводниках. Магниточувствительный элемент с частотным выходом. Термочувствительный элемент с частотным выходом. Пороговый термочувствительный элемент. Генератор высокочастотных колебаний.	8	ПК-9
	Итого	8	
5 Приборы современной электроники. Транзисторы для СВЧ. Транзисторы на основе GaN-SiC. Графеновая электроника – электроника будущего. Транзисторы на основе графена.	Транзисторы с высокой подвижностью (HEMT). Транзисторы на основе SiGe – технологии. Транзисторы на основе технологии нитрида галлия (GaN) на подложке из карбида кремния (SiC). Графеновая электроника – электроника будущего. Первые транзисторы на графене. Создание графеновой транзисторной технологии GNRFET. Высокоскоростные графеновые транзисторы.	10	ПК-9
	Итого	10	
Итого за семестр		36	

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 представ-лены 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
Предшествующие дисциплины						
1	Введение в профессию	+				
2	Промышленные технологии и	+	+	+	+	+

Согласована на портале № 11552

	инновации					
3	Химия и материаловедение-1	+	+			
4	Химия и материаловедение-2	+	+			
5	Электротехника и электроника	+	+	+	+	+
Последующие дисциплины						
1	Проектирование цифровых систем управления	+	+	+	+	+

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			Формы контроля
	Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа	
ПК-9	+	+	+	Контрольная работа, Экзамен, Конспект самоподготовки, Компонент своевременности, Опрос на занятиях

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
7 семестр			
Мини-лекция	2	2	4
Выступление студента в роли обучающего	4	2	6
Презентации с использованием слайдов с обсуждением		4	4
Исследовательский метод	2		2
Итого за семестр:	8	8	16
Итого	8	8	16

7. Лабораторный практикум

Не предусмотрено РУП

8. Практические занятия

Содержание практических работ приведено в таблице 8.1.

Согласована на портале № 11552

Таблица 8. 1 – Содержание практических работ

Названия разделов	Содержание практических занятий	ч Трудоемкость,	компетенции Формируемые
7 семестр			
1 Введение	Этапы развития электроники.Характеристика основных направлений электроники. Вклад российских ученых в развитие электроники в 20 веке и (А.Ф.Иоффе, О.В.Лосев, Ю.П.Маслаковец, В.Е.Лашкарев, Л.С.Стильбанс, Б.И.Болтакс, К.Ф.Шалимова, А.И.Ансельм, В.Л. Бонч-Бруевич и др.) и на современном этапе (Ю.К.Пожела, В.В.Владимиров, Ж.И. Алферов, А.К. Гейм, К.С.Новоселов и др.). Технологические и физические пределы в полупроводниковых приборах.	6	ПК-9
	Итого	6	
2 Современные проблемы получения и производства материалов полупроводниковой электроники. Технологии получения поликристаллического кремния. Новейшие материалы молибденит и графен.	История метода Чохральского, 1916 г. Метод Бриджмена -Стокбаргера. Метод Кирополуса. Метод направленной кристаллизации. Очистка кристаллов от примесей, зонная плавка.Метод Вернейля. Рост из раствора. Кристаллизация из газовой фазы.	8	ПК-9
	Итого	8	
3 Современные проблемы интегральной микроэлектроники. Проблемы на пути перехода к наноэлектронике. Электроника наноразмерных структур.	Анализ статьи Мура (Moore E. Cramming More Components onto Integrated Circuits // Electronics.–1965.– p. 114–117.) и полученной в ней закономерности, названной позже "закон Мура". Наноразмерные объекты в традиционной полупроводниковой электронике, критерии микро- и нано в электронике. Внедрение в микроэлектронику новых эпитаксиальных и ионно-лучевых (плазменных) технологий. Технологические проблемы на пути перехода от микро– к наноэлектронике.	8	ПК-9

Согласована на портале № 11552

	Физические проблемы и новые подходы к созданию электроники наноразмерных элементов и наноструктур.		
	Итого	8	
4 Современные проблемы функциональной электроники. Функциональная электроника – электроника четвертого поколения. Динамические неоднородности и токовые неустойчивости – основа функциональной электроники. Спиральная неустойчивость тока в полупроводниках и приборы на ее основе.	Неустойчивости тока в полупроводниках и их применение в полупроводниковых приборах. Рекомбинационная неустойчивость. Доменная неустойчивость (диод Ганна). Домены сильного электрического поля, зарядовые пакеты, акустические волны и т.п. Спиральная неустойчивость в германии, кремнии, антимониде индия (осциллистор). Динамические неоднородности в магнитоэлектронике. Динамические неоднородности оптической природы в оптоэлектронике.	6	ПК-9
	Итого	6	
5 Приборы современной электроники. Транзисторы для СВЧ. Транзисторы на основе GaN-SiC. Графеновая электроника – электроника будущего. Транзисторы на основе графена.	Физический предел кремниевых микропроцессоров. Предел быстродействия на тактовой частоте около 4 ГГц. Технологии изготовления графена в лабораторных условиях и в промышленном масштабе. Графеновые чипы с плотностью более 10 миллиардов полевых транзисторов на квадратный сантиметр, датчики размером несколько нанометров. Аккумуляторные батареи сверхбольшой емкости. Создание квантовых компьютеров, систем считывания сигналов на клеточном уровне, нанороботов для лечения организма, фильтры для воды, задерживающие любые примеси.,	8	ПК-9
	Итого	8	
Итого за семестр		36	

9. Самостоятельная работа

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

Согласована на портале № 11552

Таблица 9.1 - Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов	Виды самостоятельной работы	ч Трудоемкость	компетенции Формируемые	Формы контроля
7 семестр				
1 Введение	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	10	ПК-9	Компонент своевременности, Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях
	Проработка лекционного материала	4		
	Итого	14		
2 Современные проблемы получения и производства материалов полупроводниковой электроники. Технологии получения поликристаллического кремния. Новейшие материалы молибденит и графен.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	10	ПК-9	Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях
	Проработка лекционного материала	4		
	Итого	14		
3 Современные проблемы интегральной микроэлектроники. Проблемы на пути перехода к наноэлектронике. Электроника наноразмерных структур.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	10	ПК-9	Конспект самоподготовки, Контрольная работа, Опрос на занятиях
	Проработка лекционного материала	4		
	Итого	14		
4 Современные проблемы функциональной электроники. Функциональная электроника – электроника четвертого поколения. Динамические неоднородности и токовые неустойчивости – основа	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	10	ПК-9	Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях
	Проработка лекционного материала	4		
	Итого	14		

Согласована на портале № 11552

функциональной электроники. Спиральная неустойчивость тока в полупроводниках и приборы на ее основе.				
5 Приборы современной электроники. Транзисторы для СВЧ. Транзисторы на основе GaN-SiC. Графеновая электроника – электроника будущего. Транзисторы на основе графена.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	10	ПК-9	Конспект самоподготовки, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Экзамен
	Проработка лекционного материала	6		
	Итого	16		
Итого за семестр		72		
	Подготовка к экзамену / зачету	36		Экзамен
Итого		108		

10. Курсовая работа

Не предусмотрено РУП

11. Рейтинговая система для оценки успеваемости студентов

11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Балльные 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
7 семестр				
Компонент своевременности	8	2	8	18
Конспект самоподготовки	6	4	6	16
Контрольная работа	8	2	8	18
Опрос на занятиях	8	2	8	18
Итого максимум за период	30	10	30	70
Экзамен				30
Нарастающим итогом	30	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

Согласована на портале № 11552

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)

12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

12.1. Основная литература

1. П. Н. Дробот. Промышленные технологии и инновации: учебное пособие / П. Н. Дробот ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (Томск), Институт инноватики. - Томск: ТУСУР, 2012. - 145 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 9 экз.)

2. С. Е. Александров. Технология полупроводниковых материалов: учебное пособие / С. Е. Александров, Ф. Ф. Греков. - 2-е изд., испр. - СПб. : Лань, 2012. - 240 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 11 экз.)

3. Наноэлектроника: Учебное пособие / Дробот П. Н. - 2016. 286 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/6436, дата обращения: 25.01.2017.

4. Современные проблемы науки и производства в области электронной техники: Учебное пособие / Дробот П. Н. - 2011. 70 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/708, дата обращения: 25.01.2017.

12.2. Дополнительная литература

1. Щука А.А. Электроника : Учебное пособие для вузов / А. А. Щука ; ред. : А. С. Сигов. - СПб. : БХВ-Петербург, 2006. - 799 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 3 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, [2] с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 32 экз.)

12.3 Учебно-методические пособия

12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Актуальные проблемы электроники: Методические рекомендации для практических занятий и для организации самостоятельной работы студента для направления магистерской подготовки 222000.68 «Инноватика», профиль «Управление инновациями в электронной технике» / - 2013. 63 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3370, дата обращения: 25.01.2017.

12.3.2 Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и

Согласована на портале № 11552

восприятия информации.

Для лиц с нарушениями зрения:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

12.4. Базы данных, информационно-справочные, поисковые системы и требуемое программное обеспечение

1. http://www.electronics.ru/ Электроника : Наука, Технология, Бизнес
2. http://www.compel.ru/lib/ne Журнал «Новости Электроники»
3. http://www.kit-e.ru/index.php Журнал «Компоненты и технологии»
4. http://www.rlocman.ru - Все о электронике.
5. http://www.dinistor.net.ru/gde-skachat-literaturu/skachat-radiotekhnicheskuyu-literaturu/ - Радиотехнический сайт.
6. http://www.radioingener.ru/category/knigi-po-radioelektronike/ - САЙТ О РАДИОЭЛЕКТРОНИКЕ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ.
7. http://www.radiokot.ru/ - сайт по электронике. Практические конструкции, обучающие материалы и многое другое.

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины

13.1. Общие требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

13.1.1. Материально-техническое обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория, с количеством посадочных мест не менее 22-24, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются наглядные пособия в виде презентаций по лекционным разделам дисциплины.

13.1.2. Материально-техническое обеспечение для практических занятий

Для проведения практических (семинарских) занятий используется учебная аудитория, расположенная по адресу 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 4 этаж, ауд. 414. Состав оборудования: Учебная мебель; Доска магнитно-маркерная -1шт.; Коммутатор D-Link Switch 24 port - 1шт.; Компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 1.8ГГц. -14 шт. Используется лицензионное программное обеспечение, пакеты версией не ниже: Microsoft Windows XP Professional with SP3/Microsoft Windows 7 Professional with SP1; Microsoft Office 2003. Имеется помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования.

13.1.3. Материально-техническое обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используется учебная аудитория (компьютерный класс), расположенная по адресу 634034, г. Томск, ул. Вершинина, 74, 1 этаж, ауд. 126. Состав оборудования: учебная мебель; компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 1.8ГГц. - 4 шт.; компьютеры подключены к сети ИНТЕРНЕТ и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

13.2. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При обучении студентов **с нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями слуха, мобильной системы обучения для студентов с инвалидностью, портативной индукционной

Согласована на портале № 11552

системы. Учебная аудитория, в которой обучаются студенты с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При обучении студентов **с нарушениями зрениями** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для удаленного просмотра.

При обучении студентов **с нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями опорно-двигательного аппарата, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

14. Фонд оценочных средств

14.1. Основные требования к фонду оценочных средств и методические рекомендации

Фонд оценочных средств и типовые контрольные задания, используемые для оценки сформированности и освоения закрепленных за дисциплиной компетенций при проведении текущей, промежуточной аттестации по дисциплине приведен в приложении к рабочей программе.

14.2 Требования к фонду оценочных средств для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для студентов с инвалидностью предусмотрены дополнительные оценочные средства, перечень которых указан в таблице.

Таблица 14 – Дополнительные средства оценивания для студентов с инвалидностью

Категории студентов	Виды дополнительных оценочных средств	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами
С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами, исходя из состояния обучающегося на момент проверки

14.3 Методические рекомендации по оценочным средствам для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;
- предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге;
- набор ответов на компьютере;
- набор ответов с использованием услуг ассистента;
- представление ответов устно.

Согласована на портале № 11552

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 11552

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

Современные проблемы электроники

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки (специальность): **27.03.05 Инноватика**
Направленность (профиль): **Управление инновациями в электронной технике**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **ФИТ, Факультет инновационных технологий**
Кафедра: **УИ, Кафедра управления инновациями**
Курс: **4**
Семестр: **7**

Учебный план набора 2014 года

Разработчики:
- к.ф.-м.н., доцент каф. УИ Дробот П. Н.

Экзамен: 7 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 11552

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
ПК-9	способностью использовать когнитивный подход и воспринимать (обобщать) научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования	Должен знать современное состояние электроники и перспективных направлений, путей дальнейшего развития электроники и электронной техники и возникающие в настоящий момент технологические трудности; способы преодоления технологических проблем и ограничений, сдерживающих развитие кремниевой микроэлектроники; развитие понимания взаимосвязи требований к технологическому процессу и параметров используемых материалов и оборудования. ; Должен уметь формулировать задачи и делать обоснованный выбор методов исследования на этапе экспериментальной разработки полупроводниковой среды с необходимыми свойствами; выдвигать и проверять гипотезы; грамотно ставить и проводить эксперимент; использовать закономерности теории для объяснения новых физических процессов в полупроводниках; предвидеть возможные пути дальнейшего развития перспективных научно – технических направлений развития полупроводниковой электроники и электронной техники; оценивать состояние и видеть перспективу в развитии различных направлений электроники; видеть диалектическую преемственность микро- и наноэлектроники; самостоятельно приобретать новые знания; защищать публично свою точку зрения; подготавливать материалы к докладам и публикациям.; Должен владеть критической оценкой новых результатов научных и технических исследований и достижений, их подлинную новизну и

Согласована на портале № 11552

		актуальность, влияние различных факторов на точность и адекватность представленных новых данных, полученных в теории и в эксперименте; владение современной научной терминологией; владение современными технологическими подходами к изготовлению дискретных полупроводниковых приборов и микросхем.;

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 ПК-9

ПК-9: способностью использовать когнитивный подход и воспринимать (обобщать) научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования.

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 электроники и перспективных направлений, путей дальнейшего развития электроники и электронной техники и возникающие в настоящий момент технологические	формулировать задачи и делать обоснованный выбор методов исследования на этапе экспериментальной разработки полупроводниковой среды с необходимыми свойствами; выдвигать и проверять гипотезы;	критически оценивать новые результаты научных и технических исследований и достижений, их подлинную новизну и актуальность, влияние различных факторов на точность и адекватность представленных новых

Согласована на портале № 11552

	трудности; способы преодоления технологических проблем и ограничений, сдерживающих развитие кремниевой микроэлектроники; развитие понимания взаимосвязи требований к технологическому процессу и параметров используемых материалов и оборудования.	грамотно ставить и проводить эксперимент; использовать закономерности теории для объяснения новых физических процессов в полупроводниках; предвидеть возможные пути дальнейшего развития перспективных научно – технических направлений развития полупроводниковой электроники и электронной техники; оценивать состояние и видеть перспективу в развитии различных направлений электроники; видеть диалектическую преемственность микро- и наноэлектроники; самостоятельно приобретать новые знания; защищать публично свою точку зрения; подготавливать материалы к докладам и публикациям.	данных, полученных в теории и в эксперименте; владение современной научной терминологией; владение современными технологическими подходами к изготовлению дискретных полупроводниковых приборов и микросхем.
Виды занятий	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Подготовка и сдача экзамена / зачета;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Подготовка и сдача экзамена / зачета;	• Интерактивные практические занятия; • Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	• Контрольная работа; • Опрос на занятиях; • Конспект самоподготовки; • Экзамен;	• Контрольная работа; • Опрос на занятиях; • Конспект самоподготовки; • Экзамен;	• Экзамен;

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)	• Сформированные системные	• Сформированное умение системно	• Системно владеть с учетом тенденций

Согласована на портале № 11552

	представления о современном состоянии электроники и перспективных направлений, путях дальнейшего развития электроники и электронной техники и возникающих в настоящий момент технологических трудностях; способы преодоления технологических проблем и ограничений, сдерживающих развитие кремниевой микроэлектроники; развитие понимания взаимосвязи требований к технологическому процессу и параметров используемых материалов и оборудования.;	формулировать задачи и делать обоснованный выбор методов исследования на этапе экспериментальной разработки полупроводниковой среды с необходимыми свойствами; выдвигать и проверять гипотезы; грамотно ставить и проводить эксперимент; использовать закономерности теории для объяснения новых физических процессов в полупроводниках; предвидеть возможные пути дальнейшего развития перспективных научно – технических направлений развития полупроводниковой электроники и электронной техники; оценивать состояние и видеть перспективу в развитии различных направлений электроники; видеть диалектическую преемственность микро- и наноэлектроники; самостоятельно приобретать новые знания; защищать публично свою точку зрения; подготавливать материалы к докладам и публикациям;	научного и технического развития критической оценкой новых результатов научных и технических исследований и достижений, их подлинную новизну и актуальность, влияние различных факторов на точность и адекватность представленных новых данных, полученных в теории и в эксперименте; владение современной научной терминологией; владение современными технологическими подходами к изготовлению дискретных полупроводниковых приборов и микросхем.;
Хорошо (базовый уровень)	• Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления о современном состоянии электроники и перспективных направлений, путях дальнейшего развития электроники и электронной техники и возникающих в	• В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы, умение формулировать задачи и делать обоснованный выбор методов исследования на этапе экспериментальной разработки полупроводниковой	• В целом успешное, но не системное владение критической оценкой новых результатов научных и технических исследований и достижений, их подлинную новизну и актуальность, влияние различных факторов на

Согласована на портале № 11552

	настоящий момент технологических трудностях; способы преодоления технологических проблем и ограничений, сдерживающих развитие кремниевой микроэлектроники; развитие понимания взаимосвязи требований к технологическому процессу и параметров используемых материалов и оборудования.;	среды с необходимыми свойствами; выдвигать и проверять гипотезы; грамотно ставить и проводить эксперимент; использовать закономерности теории для объяснения новых физических процессов в полупроводниках; предвидеть возможные пути дальнейшего развития перспективных научно – технических направлений развития полупроводниковой электроники и электронной техники; оценивать состояние и видеть перспективу в развитии различных направлений электроники; видеть диалектическую преемственность микро- и наноэлектроники; самостоятельно приобретать новые знания; защищать публично свою точку зрения; подготавливать материалы к докладам и публикациям;	точность и адекватность представленных новых данных, полученных в теории и в эксперименте; владение современной научной терминологией; владение современными технологическими подходами к изготовлению дискретных полупроводниковых приборов и микросхем.;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• Неполные представления о современном состоянии электроники и перспективных направлений, путях дальнейшего развития электроники и электронной техники и возникающих в настоящий момент технологических трудностях; способы преодоления технологических проблем и ограничений, сдерживающих развитие кремниевой	• В целом успешное, но не системное умение формулировать задачи и делать обоснованный выбор методов исследования на этапе экспериментальной разработки полупроводниковой среды с необходимыми свойствами; выдвигать и проверять гипотезы; грамотно ставить и проводить эксперимент; использовать закономерности теории для объяснения новых физических процессов	• Поверхностное владение с учетом некоторых тенденций научно-технического развития критической оценкой новых результатов научных и технических исследований и достижений, их подлинную новизну и актуальность, влияние различных факторов на точность и адекватность представленных новых данных, полученных в теории и в

Согласована на портале № 11552

	микроэлектроники; развитие понимания взаимосвязи требований к технологическому процессу и параметров используемых материалов и оборудования.;	в полупроводниках; предвидеть возможные пути дальнейшего развития перспективных научно – технических направлений развития полупроводниковой электроники и электронной техники; оценивать состояние и видеть перспективу в развитии различных направлений электроники; видеть диалектическую преемственность микро- и наноэлектроники; самостоятельно приобретать новые знания; защищать публично свою точку зрения; подготавливать материалы к докладам и публикациям;	эксперименте; владение современной научной терминологией; владение современными технологическими подходами к изготовлению дискретных полупроводниковых приборов и микросхем.;

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 Вопросы на самоподготовку

– 1.Кремний «солнечного качества»: производство в России. Фотоэлектрических преобразователи. 2.Органическая электроника - современные тенденции и перспективы. 3. Энергонезависимая резистивная память (Resistive RAM, RRAM)- терабайты объема и высокое быстродействие. 4. Новая технология микроскопии для контроля производства трехмерных полупроводниковых чипов TSOM (Through-Focus Scanning Optical Microscopy). 5. Приборы на эффекте Ганна. Диэлектрическая электроника. Хемотроника. Молекулярная электроника и биоэлектроника. 6. Трехмерная графеновая электроника. 7. Германан - новый материал полупроводниковой электроники: получение и перспективные приборы. 8. Современные технологические материалы для сборки и герметизации интегральных микросхем, светодиодов, силовых полупроводниковых приборов и модулей.9. Новое поколение широкозонных полупроводниковых материалов (нитрид галлия, GaN) и приборов (гетероэпитаксиальные структуры (ГЭС) тапа AlGaN/GaN). 10. Современные электроизоляционные компаунды. 11. Обратный инжиниринг микросхем и изделий электроники и коммерческая тайна. 12.Снижение потребляемой мощности интегральных микросхем при сохранении высокого быстродействия - одна из важнейших проблем микроэлектроники. 13. Тенденции развития, новые направления и прогноз развития микроэлектроники. 14 Электронная стратегия России.

3.2 Темы опросов на занятиях

– Наука и производство в области электронной техники – обширный раздел знаний. Ключевые направления развития электроники и электронной техники. Производство новых высокочистых полупроводниковых материалов и развитие новых производств кремния. Интегральная электроника. Функциональная электроника. Электроника будущего на основе новых

Согласована на портале № 11552

материалов: молибденит и графен.

– Кремний – основной материал современной электроники. Традиционная технология получения поликристаллического кремния. Производство поликристаллического кремния в Российской Федерации. Производство поликристаллического кремния по технологии восстановления в плазме СВЧ разряда. Получение монокристаллического кремния. Молибденит. Алмаз как материал для СВЧ-приборов. Антимонид и арсенид индия. Углеродные нанотрубки. Графен. В направлении к графеновой электронике.

– Гордон Мур: от компании Шокли до компании Intel. Проблемы на пути перехода от микро– к наноэлектронике. Новые подходы к созданию электроники наноразмерных элементов и наноструктур.

– Функциональная электроника – электроника четвертого поколения – альтернатива интегральной микро– и наноэлектронике. Динамические неоднородности и токовые неустойчивости – основа функциональной электроники. Единая модель прибора функциональной электроники. Винтовая неустойчивость тока в полупроводниках. Магниточувствительный элемент с частотным выходом. Термочувствительный элемент с частотным выходом. Пороговый термочувствительный элемент. Генератор высокочастотных колебаний.

– Транзисторы с высокой подвижностью (HEMT). Транзисторы на основе SiGe – технологии. Транзисторы на основе технологии нитрида галлия (GaN) на подложке из карбида кремния (SiC). Графеновая электроника – электроника будущего. Первые транзисторы на графене. Создание графеновой транзисторной технологии GNRFET. Высокоскоростные графеновые транзисторы.

3.3 Экзаменационные вопросы

– 1. Почему кремний стал основным материалом современной микроэлектроники 2. Опишите технологию получения монокристаллического кремния 3. Опишите состояние и перспективы развития производства поликристаллического кремния в Российской Федерации 4. Опишите производство поликристаллического кремния по технологии восстановления в плазме СВЧ разряда 5. Опишите метод выращивания монокристаллов кремния методом Чохральского 6. Опишите метод очистки монокристаллов кремния методом бестигельной зонной плавки. 7. Расскажите о состоянии и перспективах производства кремния в России. 8. Расскажите о молибдените, его свойствах и перспективных полупроводниковых приборах на его основе 9. Что такое графен, опишите структуру материала и его уникальные свойства. 10. Опишите известные Вам способы получения графена. 11. За что получили Нобелевскую премию Андрей Гейм и Константин Новосёлов. 12. Опишите свойства монослойного и двухслойного графена. 13. Опишите методы получения пластин графена больших размеров, пригодных для массового производства графеновых интегральных схем. 14. Кто такой Гордон Мур и какой закон носит его имя и о чем говорит этот закон? Каким способом был получен закон Мура ? 15. Что такое БИС и СБИС, технологические основания их появления ? 16. Каковы принципиальные качественные изменения, связанные со значительными уменьшениями размеров элементов ИС, нанотехнологии. 17. Назовите и опишите основные проблемы перехода от микро - к наноэлектронике. 18. Способы преодоления проблемы нано–№1 19. Способы преодоления проблемы нано–№2 20. Способы преодоления проблемы нано–№3 21. Каковы минимально возможные размеры диодов и транзисторов? 22. Что такое high–k технология и для чего она нужна. 23. Назовите новые подходы к к созданию электроники наноразмерных элементов и наноструктур. 24. Расскажите об организации передачи сигнала с использованием спиновых волн. 25. Что такое многократное использовании электронов в наноструктурах 26. Что такое углеродные нанотрубки и кремниевые нанопровода 27. Трехмерная технология производства микросхем 28. Причины актуальности функциональной электроники 29. Что лежит в основе функциональной электроники 30. Единая модель прибора функциональной электроники 31. Винтовая неустойчивость тока в полупроводниках: история открытия, механизм, свойства. 32. Основные причины интереса к винтовой неустойчивости, какие новые приборы создаются на её основе. 33. Опишите устройство и основные характеристики осциллисторного сенсора магнитной индукции 34. Опишите устройство и основные характеристики осциллисторного сен-сора температуры 35. Опишите устройство и основные характеристики осциллисторного порогового сенсора температуры 36. Опишите устройство и основные характеристики осциллисторного генератора. 37. Опишите

Согласована на портале № 11552

первые транзисторы на графене. 38. Опишите графеновую транзисторную технологию GNRFET 39. Опишите устройство полевого графенового транзистора 40. Расскажите о высокоскоростных графеновых транзисторах, их устройстве и конструкции. 41. Расскажите о высокоскоростных графеновых транзисторах и их технических характеристиках. 42. Расскажите о перспективах развития наноэлектроники в России

3.4 Темы контрольных работ

– 1. Проблемы на пути перехода от микро– к наноэлектронике. Новые подходы к созданию электроники наноразмерных элементов. 2. Приборы современной традиционной электроники. Графеновая электроника.

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. П. Н. Дробот. Промышленные технологии и инновации: учебное пособие / П. Н. Дробот ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (Томск), Институт инноватики. - Томск: ТУСУР, 2012. - 145 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 9 экз.)

2. С. Е. Александров. Технология полупроводниковых материалов: учебное пособие / С. Е. Александров, Ф. Ф. Греков. - 2-е изд., испр. - СПб. : Лань, 2012. - 240 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 11 экз.)

3. Наноэлектроника: Учебное пособие / Дробот П. Н. - 2016. 286 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/6436, свободный.

4. Современные проблемы науки и производства в области электронной техники: Учебное пособие / Дробот П. Н. - 2011. 70 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/708, свободный.

4.2. Дополнительная литература

1. Щука А.А. Электроника : Учебное пособие для вузов / А. А. Щука ; ред. : А. С. Сигов. - СПб. : БХВ-Петербург, 2006. - 799 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 3 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, [2] с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 32 экз.)

4.3. Обязательные учебно-методические пособия

1. Актуальные проблемы электроники: Методические рекомендации для практических занятий и для организации самостоятельной работы студента для направления магистерской подготовки 222000.68 «Инноватика», профиль «Управление инновациями в электронной технике» / - 2013. 63 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3370, свободный.

4.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы

1. http://www.electronics.ru/ Электроника : Наука, Технология, Бизнес
2. http://www.compel.ru/lib/ne Журнал «Новости Электроники»
3. http://www.kit-e.ru/index.php Журнал «Компоненты и технологии»
4. http://www.rlocman.ru - Все о электронике.
5. http://www.dinistor.net.ru/gde-skachat-literaturu/skachat-radiotekhnicheskuyu-literaturu/ - Радиотехнический сайт.
6. http://www.radioingener.ru/category/knigi-po-radioelektronike/ - сайт о радиоэлектронике и электротехнике.
7. http://www.radiokot.ru/ - сайт по электронике. Практические конструкции, обучающие материалы и многое другое.

Согласована на портале № 11552