

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет инновационных технологий

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета



С.В. Шидловский

" 29 " 08 2020 г.

Рабочая программа дисциплины

Полупроводниковая электроника

Направление подготовки

27.03.05 Инноватика

Направленность (профиль) подготовки:

«Управление инновациями в наукоёмких технологиях»

Форма обучения

Очная

Квалификация

Бакалавр

Программу составил(и)

Левашкин Андрей Геньевич,
доцент кафедры управления инновациями
факультета инновационных технологий,
кандидат физико-математических наук



ПОДПИСЬ

Рецензент (ы)

Соснин Эдуард Анатольевич,
профессор кафедры управления инновациями
факультета инновационных технологий,
доктор физико-математических наук



ПОДПИСЬ

Руководитель ООП

Вусович Ольга Владимировна,
доцент кафедры управления инновациями
факультета инновационных технологий,
кандидат химических наук



ПОДПИСЬ

Преподаватели: *Левашкин Андрей Геньевич,* доцент кафедры управления инновациями факультета инновационных технологий, кандидат физико-математических наук

Рабочая программа дисциплины является обязательным приложением к основной образовательной программе «Управление инновациями в наукоёмких технологиях» и разработана в соответствии с *Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 27.03.05 Инноватика* (Приказ Министерства образования и науки РФ от 11 августа 2016 г. N 1006).

Программа одобрена на заседании учебно-методической комиссии факультета инновационных технологий (УМК ФИТ ТГУ) № 12 от 27.06.2019 года.

1. Код и наименование дисциплины

Б1.В.08 Полупроводниковая электроника

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина Полупроводниковая электроника входит в Блок 1. Дисциплины (модули). Вариативная часть учебного плана ООП «Управление инновациями в наукоёмких технологиях» по направлению подготовки 27.03.05 Инноватика. Дисциплины, относящиеся к вариативной части, определяют, в том числе, направленность программы и являются обязательными для изучения.

3. Год/годы и семестр/семестры обучения.

3 курс, 5 семестр.

4. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия (если есть).

Для успешного освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные у обучающихся в результате освоения таких дисциплин, как Физика, Математика ч.1, Математика ч.2, Электротехника и электроника, а также в процессе получения среднего образования.

Формируемые в процессе изучения дисциплины компетенции являются основой для изучения дисциплин: Промышленные технологии и инновации, Промышленные лазерные технологии, Преддипломная практика

5. Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часа.

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (5 семестр)
Общая трудоемкость	144
Контактная работа:	71,6
Лекции (Л):	34
Практические занятия (ПЗ)	
Лабораторные работы (Лаб)	32
Иная контактная работа во время теоретического обучения (Крто):	3,3
Групповые и (или) индивидуальные консультации	3,3
Зачет	
Иная контактная работа во время экзаменационной сессии (Кратт):	2,3
Групповая консультация перед экзаменом	2
Экзамен	0,3
Самостоятельная работа обучающегося	38,7

Подготовка к экзамену (контроль)	33,7
Вид промежуточной аттестации	экзамен

6. Формат обучения

Очный, с применением электронного обучения в системе «Электронный университет – MOODLE» <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=19782>

7. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Формируемые компетенции (код компетенции, уровень (этап) освоения)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
<p>ПК-9, I уровень</p> <p>способность использовать когнитивный подход и воспринимать (обобщать) научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования.</p>	<p><u>Знать:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - модели полупроводниковых материалов и барьерных структур на их основе, - параметры и характеристики основных типов полупроводниковых приборов и способы их определения - принципы работы основных типов полупроводниковых приборов, их функциональные возможности и области применения <p><i>З (ПК-9) –I</i></p> <p><u>Уметь:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - качественно объяснить физические процессы, лежащие в основе действия полупроводниковых приборов различного назначения - математически описать физические процессы, лежащие в основе действия полупроводниковых приборов различного назначения <p><i>У(ПК-9) –I</i></p> <p><u>Владеть:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками измерений параметров и характеристик полупроводниковых материалов и приборов на их основе с использованием современных радиоизмерительных приборов <p><i>В (ПК-9) –I</i></p>

8. Содержание дисциплины и структура учебных видов деятельности

№ п/п	Наименование разделов и (или) тем	Всего (час.)	Л (час.)	ПЗ (час.)	Лаб (час.)	СРС (час.)	Иное (час.)
1.	Тема 1. Введение	4	2			2	
2.	Тема 2. Основные сведения по физике полупроводников	20	8		4	8	
3.	Тема 3. Контактные явления в полупроводниках. Электронно-дырочные и гетеропереходы.	20	8		4	8	
4.	Тема 4. Биполярные и полевые транзисторы	20	8		4	8	
5.	Тема 5. Оптоэлектронные полупроводниковые приборы	40,7	8		20	12,7	
6.	Групповые и (или) индивидуальные консультации во время теоретического обучения	3,3					3,3
7.	Подготовка к экзамену	33,7					33,7
8.	Контактная работа во время экзаменационной сессии	2,3					2,3
9.	Итого в 5 семестре:	144	34		32	38,7	39,3

8.1. Общая структура дисциплины учебных видов деятельности

8.2. Содержание дисциплины

Тема 1. Введение.

В рамках первого модуля студенты знакомятся с кратким историческим обзором развития полупроводниковой электроники, ролью твердотельных приборов и устройств на их основе в науке и технике.

Тема 2. Основные сведения по физике полупроводников

В рамках второго модуля студенты знакомятся с элементами зонной теории твердых тел, статистикой электронов и дырок в полупроводниках, изучают основы кинетических явлений, а также процессов связанных с неравновесными носителями заряда в полупроводниках.

Тема 3. Контактные явления в полупроводниках. Электронно-дырочные гомо- и гетеропереходы.

При изучении 3 модуля студенты знакомятся с механизмом образования электронно-дырочного перехода ($p-n$ -перехода), контактной разности потенциалов. Ими изучается диодная теория выпрямления полупроводникового диода, влияние рекомбинации и генерации носителей в ОПЗ $p-n$ -перехода на вид вольт-амперных характеристик. Студенты знакомятся с функциональными возможностями полупроводниковых диодов (выпрямительные диоды, стабилитроны, импульсные диоды, детекторы СВЧ-диапазона, параметрические диоды и варикапы). Далее изучается механизм образования гетеропереходов, основные свойства гетероструктур (односторонняя инжекция, суперинжекция, локализация носителей, эффект оптического окна), а также использование гетеропереходов в полупроводниковых приборах.

Тема 4. Биполярные и полевые транзисторы

В этой теме предметом изучения является структура и принцип действия биполярного транзистора в качестве усилителя мощности. Вводятся понятия коэффициента усиления в схеме с общей базой и общим эмиттером. Затем студентами изучается принцип действия и статические характеристики полевого транзистора с $p-n$ -переходом в качестве затвора, полевого транзистора с затвором Шоттки и МДП-транзистора.

Тема 5. Оптоэлектронные полупроводниковые приборы

В пятом модуле студенты изучают принцип работы, схемы включения и области применения таких полупроводниковых приборов как фоторезистор, фотодиод с $p-n$ -переходом (в фотогальваническом и фотодиодном режиме работы), излучающий диод и инжекционный лазер.

8.4. Лабораторные работы

1. Определение ширины запрещенной зоны полупроводника по температурной зависимости его электропроводности.

В работе используется установка, позволяющая измерять зависимость удельного сопротивления полупроводникового материала от температуры бесконтактным СВЧ методом. По результатам измерений чистых полупроводниковых образцов в диапазоне температур соответствующих их собственной проводимости вычисляется ширина запрещенной зоны полупроводника и определяется его тип.

2. Вольт-амперная характеристика полупроводникового диода.

В данной работе измеряются зависимости величины тока через $p-n$ переход от приложенного к нему прямого и обратного напряжения.

3. Вольт-амперная характеристика биполярного транзистора.

В работе измеряется вольт-амперная характеристика биполярного $p-n-p$ транзистора КТ315. На её основе анализируются режимы работы транзистора включенного по схеме с общим эмиттером.

4. Полупроводниковый фоторезистор.

В работе анализируются механизмы поглощения излучения полупроводниковым материалом, принцип работы фоторезистора, измеряются его характеристики.

5. Полупроводниковый диод в фотодиодном режиме.

В данной работе изучаются процессы, происходящие в $p-n$ переходе при его облучении электромагнитным излучением и обосновываются условия при которых полупроводниковый диод может использоваться как приемник оптических сигналов. Измеряются характеристики такого фотоприемника.

6. Полупроводниковый диод в фотогальваническом режиме.

Частично используются знания, полученные при выполнении предыдущей работы.

Формулируются условия для использования фотодиода как источника электрической энергии. Измеряется вольт-амперная характеристика и КПД реального фотоэлемента.

7. Полупроводниковый излучающий диод.

В работе изучаются процессы рекомбинации в полупроводниках приводящие к излучению в частности в оптическом диапазоне частот. Обсуждаются конструктивные особенности светодиодов и измеряются спектральная и ватт-амперная характеристики нескольких диодов.

8. Полупроводниковый инжекционный лазер.

Частично используются знания, полученные при выполнении предыдущей работы. Обсуждаются особенности позволяющие получить лазерное излучение. Измеряются спектральные и мощностные характеристики лазера.

9. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине и методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Учебно-методическое обеспечение по дисциплине включает:

- ⚡ теоретический материал к лабораторным работам и описания порядка их выполнения («Фоторезисторы», «Фотодиоды», «Солнечные элементы», «Излучающие диоды», «Инжекционный лазер»);
- ⚡ основная и дополнительная учебная литература (см. Ресурсное обеспечение);
- ⚡ информационные ресурсы в сети Интернет (см. Ресурсное обеспечение);
- ⚡ перечень контрольных вопросов для самостоятельной работы (см. ФОС к дисциплине);

Для эффективного освоения дисциплины студентам рекомендуется:

- ⚡ познакомиться со структурой курса, используя рабочую программу;
- ⚡ накануне следующей лекции вспомнить материал предыдущей, используя записи лекции;
- ⚡ изучать теоретический материала по учебнику и конспекту (1 час в неделю);
- ⚡ готовиться к практическим и лабораторным занятиям (2 часа в неделю);
- ⚡ работа с литературой в библиотеке (1 час в неделю).

- комплект презентаций
- конспекты лекций, написанные обучающимся
- учебную (основную и дополнительную) литературу
- методические указания по освоению дисциплины
- рабочая тетрадь для записи лекций, практических занятий
- темы эссе

– комплект оценочных средств для текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся;

– критерии оценки знаний, умений, навыков, практического опыта по всем видам контроля знаний у обучающихся.

9.1. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Программа дисциплины предусматривает контактную работу (аудиторная, внеаудиторная) и самостоятельную работу обучающихся.

Аудиторная контактная работа обучающихся – это работа обучающихся по освоению дисциплины, выполняемая в учебных помещениях НИ ТГУ (аудиториях,

лабораториях, компьютерных классах и т.п.) при непосредственном участии преподавателя, в том числе с применением дистанционных образовательных технологий, согласно расписанию учебных занятий и экзаменационной сессии.

По дисциплине предусмотрены следующие основные виды аудиторной контактной работы: лекции, лабораторные работы.

Внеаудиторная контактная работа - контактная работа в период теоретического обучения (Крто), в которую входят групповые и/или индивидуальные консультации обучающихся во время теоретического обучения, сдача зачета.

Изучать курс рекомендуется в соответствии с той последовательностью, которая обозначена в рабочей программе. Все темы взаимосвязаны и позволяют студентам постепенно осваивать теорию и практику.

Лекции

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов учебного плана. На лекциях излагается основной теоретический материал курса. На первой лекции лектор предупреждает студентов, применительно к какому базовому учебнику (учебникам, учебным пособиям) будет прочитан курс.

Практические занятия

Практические занятия предусматривают закрепление основных теоретических вопросов данной дисциплины и формирование умений и навыков, необходимых для анализа и интерпретации различного рода информации. Задания подобраны так, чтобы охватить как можно больше вопросов, что способствует более глубокому усвоению пройденного материала. Особое внимание уделяется практической направленности предлагаемых задач, развитию и совершенствованию способностей представлять результаты своей работы, логически аргументированно обосновывать свою позицию.

Решение практических задач сводится к следующей последовательности выполнения действий: полное и четкое выяснение условия; уточнение знаний и практического опыта, на основе которых может быть решена задача; составление плана решения.

Примерная схема решения задачи:

- а) что дано (сущность анализируемого действия, процесса, явления);
- б) что известно и в какой степени известное может помочь решению поставленной задачи;
- в) гипотезы решения;
- г) методы решения;
- д) способы предупреждения ошибок;
- е) выводы и предложения.

Лабораторные работы

Лабораторное занятие — это форма организации учебного процесса, когда обучающиеся (студенты) по заданию и под руководством преподавателя самостоятельно проводят опыты, измерения, элементарные исследования на основе специально разработанных заданий в специализированных оснащённых помещениях.

Дидактические цели проведения лабораторных работ:

- овладение техникой эксперимента;
- формирование умений решать практические задачи путем постановки опыта;

- экспериментальное подтверждение изученных теоретических положений, экспериментальная проверка формул, расчетов.

Курс выполнения лабораторных работ начинается с организационных моментов, инструктажа по технике безопасности. Далее, преподаватель сообщает тему лабораторной работы, идет постановка целей, повторение теоретических знаний, необходимых для работы с оборудованием, осуществления эксперимента или другой практической деятельности; выдача задания; определение алгоритма проведения эксперимента или другой практической деятельности; ознакомление со способами фиксации полученных результатов; допуск к выполнению работы.

Аудиторная самостоятельная работа обучающегося (студента) в рамках выполнения лабораторной работы включает:

- определение путей решения поставленной задачи;
- выработка последовательности выполнения необходимых действий;
- проведение эксперимента (выполнение заданий, задач);
- фиксация результатов эксперимента;
- обобщение и систематизация полученных результатов (таблицы, графики, схемы и т.п.).

Внеаудиторная самостоятельная работа – подготовка отчета по итогам выполнения лабораторной работы согласно ГОСТ.

Заключительная часть: подведение итогов занятия (анализ хода выполнения и результатов работы обучающихся (студентов), выявление возможных ошибок и определение причин их возникновения); защита выполненной работы.

Самостоятельная работа

Учебный процесс в высшем учебном заведении в значительной степени строится на самостоятельной работе студентов, без которой трудно в полной мере овладеть сложным программным материалом и научиться в дальнейшем постоянно совершенствовать приобретенные знания и умения.

Самостоятельная работа студентов – это процесс активного, целенаправленного приобретения студентом новых знаний, умений без непосредственного участия преподавателя, характеризующийся предметной направленностью, эффективным контролем и оценкой результатов деятельности обучающегося.

Цели самостоятельной работы:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную и справочную документацию, специальную литературу;
- развитие познавательных способностей, активности студентов, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, творческой инициативы, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений и академических навыков.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование электронной информационно-образовательной среды (ЭИОС) и материально-технических ресурсов НИ ТГУ. ЭИОС университета для выполнения

самостоятельной работы студента включает: электронный университет «MOODLE», сайт научной библиотеки ТГУ.

Выполнение самостоятельной работы студентом усиливает мотивацию к аудиторной и внеаудиторной активности, что обеспечивает необходимый уровень знаний по изучаемой дисциплине и позволяет повысить готовность студентов к аттестации по дисциплине.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы: аудиторная и внеаудиторная. Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию в часы аудиторной работы. Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия и предполагает:

- изучение лекций и качественную подготовку ко всем видам учебных занятий;
- изучение основной и дополнительной литературы по предмету, использование ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет;
- выполнение курсовой работы;
- подготовку отчетов по лабораторным работам
- подготовку к контрольной работе
- подготовку к текущему контролю и промежуточной аттестации

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов проходит в письменной, устной или смешанной форме.

Студенты должны подходить к самостоятельной работе как к наиважнейшему средству закрепления и развития теоретических знаний, выработке единства взглядов на отдельные вопросы курса, приобретения определенных навыков и использования профессиональной литературы.

При самостоятельной проработке курса обучающиеся должны:

- просмотреть основные определения и факты;
- повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;
- изучить рекомендованную литературу, составлять тезисы, аннотации и конспекты наиболее важных моментов;
- самостоятельно выполнить задания, аналогичные предлагаемым на занятиях;
- выполнить индивидуальные задания по указанию преподавателя.

Правила самостоятельной работы с литературой: при работе с книгой необходимо подобрать литературу, научиться правильно ее читать, вести записи. Важно помнить, что рациональные навыки работы с книгой - это всегда большая экономия времени и сил. Правильный подбор литературы рекомендуется преподавателем и приводится в п. 11.

Изучая материал по учебнику, следует переходить к следующему вопросу только после правильного уяснения предыдущего, описывая в тетраде все выкладки и тезисы (в том числе те, которые в учебнике опущены или на лекции даны для самостоятельного вывода). Особое внимание следует обратить на определение основных понятий курса. Студент должен подробно разбирать примеры, которые поясняют такие определения, и уметь строить аналогичные примеры самостоятельно. Нужно добиваться точного представления о том, что изучаешь. Полезно в тетради (на специально отведенных полях) дополнять конспект. Опыт показывает, что многим студентам помогает

составление листа опорных сигналов, содержащего важнейшие и наиболее часто употребляемые понятия и положения. Такой лист помогает запомнить основные положения лекции, а также может служить постоянным справочником для студента.

Различают два вида чтения: первичное и вторичное. Первичное - это внимательное, неторопливое чтение, при котором можно остановиться на трудных местах. После него не должно остаться ни одного непонятого слова. Содержание не всегда может быть понятно после первичного чтения. Задача вторичного чтения - полное усвоение смысла прочитанного в целом (по счету это чтение может быть и не вторым, а третьим или четвертым). Самостоятельная работа с учебниками и книгами (а также самостоятельное теоретическое исследование проблем, обозначенных преподавателем на лекциях) – это важнейшее условие формирования у себя теоретических знаний и практических навыков.

Если во время выполнения обучающимися внеаудиторной самостоятельной работы у студента возникают вопросы, разрешить которые самостоятельно не удастся, необходимо обратиться к преподавателю за консультацией для получения у него разъяснений или указаний. В своих вопросах студент должен четко выразить, в чем он испытывает затруднения, характер этого затруднения. Групповые и(или) индивидуальные консультации проводятся по расписанию. Расписание консультаций можно уточнить у преподавателя либо на кафедре, а также в электронном курсе в «Moodle».

В процессе изучения дисциплины предусмотрены несколько форм контроля. Оценка знаний, умений и навыков деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций по дисциплине, проводится в форме текущего контроля и промежуточной аттестации.

Итоговая оценка по дисциплине определяется по формуле:

$$O_{\text{итоговая}} = 0,5 * O_{\text{накопленная}} + 0,5 * O_{\text{итогового контроля}},$$

где $O_{\text{накопленная}}$ – средняя арифметическая оценка, состоящая из оценок, накопленных за прохождение текущего контроля и выполнение самостоятельной работы;

$O_{\text{итогового контроля}}$ – оценка итогового контроля. Проставляется за прохождение контрольного испытания (сдача зачета) в устной форме.

Оценка ставится по пятибалльной шкале. Округление оценки производится в пользу студента.

Текущий контроль проводится в форме:

Текущий контроль в 5 семестре проводится в форме: отчетов о выполнении лабораторных работ и предоставлении рефератов на выбранную студентами тему.

Примеры тем рефератов, предлагаемых студентам по дисциплине «Полупроводниковая электроника»:

1. Выпрямительные плоскостные низкочастотные диоды. Кремниевые, германиевые, арсенид-галлиевые.
2. Импульсные диоды.
3. Диоды Шоттки.
4. СВЧ диоды.
5. Стабилитроны и стабилитроны.

6. Лавинно-пролетные диоды.
7. Туннельные диоды.
8. Обращенные диоды.
9. Варикапы.
10. Биполярные транзисторы.
11. Тиристоры.
12. Полевые транзисторы с р-п переходом.
13. Полевые транзисторы металл-полупроводник.
14. Полевые транзисторы металл-окисел-полупроводник.
15. Полупроводниковые приборы с зарядовой связью.
16. Интегральные микросхемы.
17. Излучающие диоды. Полупроводниковая шкала. Полупроводниковый экран.
18. Электрولюминесцентные порошковые и пленочные излучатели.
19. Полупроводниковые инжекционные лазеры.
20. Фоторезисторы.
21. Фотодиоды.
22. Фототранзисторы и фототиристоры.
23. Полупроводниковые фотоэлементы.
24. Приемники проникающей радиации и корпускулярно-преобразовательные приборы.
25. Оптопары и оптоэлектронные микросхемы.
26. Полупроводниковые терморезисторы. Боллометры, термисторы, позисторы.
27. Варисторы.
28. Полупроводниковые приборы на аморфных полупроводниках.
29. Полупроводниковые термоэлектрические устройства.
30. Полупроводниковые гальваномагнитные приборы.
31. Применение оптоэлектронных приборов. Оптический локатор, светодальномер, оптические линии связи.
32. Применение излучающих диодов и полупроводниковых лазеров в медицине и косметологии.

Методические рекомендации по выполнению всех форм текущего контроля представлены в Фонде оценочных средств.

При подготовке к зачету вначале следует просмотреть весь материал по сдаваемой дисциплине, отметить для себя трудные вопросы. Обязательно в них разобраться. Владеть навыками, полученными на лабораторных занятиях.

10. Форма промежуточной аттестации и фонд оценочных средств

Форма промежуточной аттестации: экзамен.

Для аттестации обучающихся на соответствие их персональных достижений создан фонд оценочных средств по дисциплине, включающий оценочные и методические материалы, позволяющие оценивать знания, умения, навыки и уровень приобретенных компетенций.

Типовые контрольные задания, используемые для оценки результатов обучения и характеризующие этапы формирования соответствующих компетенций, представлены в фонде оценочных средств.

Карты компетенций и критерии оценивания представлены в Фонде оценочных

средств.

11. Ресурсное обеспечение

11.1 Литература и учебно-методическое обеспечение

Основная литература:

1. Зегря Г.Г. Основы физики полупроводников: учеб. пособие для вузов / Г.Г.Зегря. – М.: Физматлит, 2009. - 335 с.
2. Пасынков, В.В. Полупроводниковые приборы. [Электронный ресурс] / В.В. Пасынков, Л.К. Чиркин. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2009. — 480 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/300>

Дополнительная литература:

1. Гаман В.И. Физика полупроводниковых приборов: Учебное пособие / В.И.Гаман.- Томск : Изд-во НТЛ, 2000.-426 с.
2. Малянов С.В. Сборник задач по физике биполярных полупроводниковых приборов: учебное пособие /С.В.Малянов, В.М.Калыгина. – Томск. : Изд-во НТЛ, 2008. – 112 с.
3. Гуртов В.А. Твердотельная электроника /В.А.Гуртов. – М. : Техносфера, 2005. – 408 с.

11.2 Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет, в т.ч. информационные справочные системы

Интернет-ресурсы

- [Electronics.ru/issue/2004/5/23](http://electronics.ru/issue/2004/5/23)
- <http://window.edu.ru>
- <http://www.vargin.mephi.ru>
- Издательство «Лань» [Электронный ресурс] : электрон.-библиотечная система. – Электрон. дан. – СПб., 2010- . – URL: <http://e.lanbook.com/>

Базы данных и информационно-справочные системы

- ЭБС «Лань» <https://e.lanbook.com/>.
- ЭБС «Консультант студента» <https://www.studentlibrary.ru/>.
- ЭБС «Юрайт» <https://urait.ru/>.
- ЭБС ZNANIUM.com <https://znanium.com/>.

11.3 Описание материально-технической базы

Образовательный процесс по дисциплине обеспечивается в специальных помещениях:

учебные аудитории для проведения учебных занятий всех видов; групповых и индивидуальных консультаций; проведения текущего контроля и промежуточной аттестации;

помещения для самостоятельной работы;

лаборатория, оснащенная лабораторным оборудованием.

Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью (рабочее место преподавателя, комплекты учебной мебели для обучающихся, маркерная доска и (или) доска флипчарт), оборудованием и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Оборудование и технические средства обучения

Для проведения лекций, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации необходима аудитория, оснащенная оборудованием и техническими средствами обучения: компьютер преподавателя или ноутбук с подключением к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НИ ТГУ, мультимедиа-проектор, широкоформатный экран (телевизор), акустическая система (для отображения презентаций).

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечивающие доступ к электронной образовательной среде НИ ТГУ.

Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства

Для проведения лекционных занятий необходимо лицензионное обеспечение: ОС Windows 10 Pro, Microsoft Office стандартный 2010, Dr. Web Desktop Security Suite, браузер последней версии.

Для проведения лабораторных работ необходимо лицензионное программное обеспечение: ОС Windows 10 Pro, Microsoft Office стандартный 2010, Dr. Web Desktop Security Suite, браузер последней версии.

12. Язык преподавания – русский.