

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета

радиотехники и электроники

Небольсин В.А.

«31» августа 2020 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

«Современные тенденции развития микро- и наноэлектроники»

Направление подготовки 11.04.04 Электроника и наноэлектроника

Профиль Интегральные системы и устройства в микро- и наноэлектронике

Квалификация выпускника магистр

Нормативный период обучения 2 года/2 года 3 месяца

Форма обучения очная/заочная

Год начала подготовки 2020

Автор программы

Свистова Т.В.

Заведующий кафедрой
полупроводниковой электроники
и наноэлектроники

Рембеза С.И.

Руководитель ОПОП

Рембеза С.И.

Воронеж 2020

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины:

- ознакомление с состоянием и перспективами развития технологии и организации разработок современной элементной базы электроники в России и за рубежом;
- формирование современной точки зрения на приоритетные направления развития электроники и средства реализации идей микро- и наноэлектроники.

1.2. Задачи освоения дисциплины:

- познакомить обучающихся с основными современными тенденциями развития микро- и наноэлектроники;
- дать информацию о принципах действия основных устройств современной микро- и наноэлектроники.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина ФТД.01 «Современные тенденции развития микро- и наноэлектроники» относится к дисциплинам блока ФТД учебного плана.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Современные тенденции развития микро- и наноэлектроники» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-7: способность к восприятию, разработке и критической оценке новых способов проектирования твердотельных приборов и устройств.

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-7	знать основные задачи, направления, тенденции и перспективы развития микро- и наноэлектроники, а также смежных областей науки и техники;
	уметь использовать информационные источники для получения новых знаний о свойствах и области применения материалов и структур в микро- и наноэлектронике;
	владеть современной научной терминологией и основными теоретическими и экспериментальными подходами в передовых направлениях электроники, микро- и наноэлектроники.

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Современные тенденции развития микро- и наноэлектроники» составляет 2 зачетные единицы.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		1

Аудиторные занятия (всего)	18	18
В том числе:		
Лекции	18	18
Самостоятельная работа	54	54
Виды промежуточной аттестации – зачет	+	+
Общая трудоемкость академические часы	72	72
з.е.	2	2

заочная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		1
Аудиторные занятия (всего)	4	4
В том числе:		
Лекции	4	4
Самостоятельная работа	64	64
Часы на контроль	4	4
Виды промежуточной аттестации – зачет	+	+
Общая трудоемкость академические часы	72	72
з.е.	2	2

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	СРС	Всего, час
1	Современные тенденции в развитии микроэлектроники	Закон Мура как основа оценки темпа развития микроэлектронных технологий. Развитие технологий «Больше Мура». Развитие технологий «Больше, чем Мур». Направленность «За пределами КМОП».	4	8	12
2	Технологии, которые придут на смену КМОП-технологии	Обзор технологии Dark Silicon. Нанозлектромеханические переключатели. Альтернативные материалы: графен, германий, молебденит.	4	8	12
3	Полупроводниковые материалы IV группы – современные тенденции использования	Карбид кремния и его поли типы. Способы синтеза карбида кремния. Твердые растворы SiGe. Низкоразмерные кремниевые структуры. Пористый кремний. Аморфный гидрогенизированный кремний. Перспективы применения полупроводниковых материалов IV группы. Использование напряженного кремния в МДП-транзисторах и КМОП-структурах	2	8	10
4	Полупроводниковые соединения A ² B ⁶ и твердые растворы на их основе: свойства, синтез, применение	Свойства соединений типа A ² B ⁶ . Синтез полупроводниковых соединений A ² B ⁶ . Применение полупроводников A ² B ⁶ .	2	8	10
5	Технология структур кремний на изоляторе (КНИ)	Основные преимущества КНИ структур. Технология «кремний на изоляторе» (КНИ) и ее разновидности. Кремний на сапфире (КНС). Создание скрытого окисла ионной имплантацией (SIMOX). Твердофазное сращивание пластин (wafer bonding, BESOI). Технология управляемого скола (Smart Cut). Модификации метода газового расщепления (DeleCut). Окисление пористого кремния (ELTRAN). Кремний на пустоте (SON, Silicon On Nothing).	2	8	10
6	Современное состояние и тенденции развития литографии	Классификация процессов литографии. Оптическая литография. Литография ЭУФ диапазона. Рентгенолитография. Электронно-лучевая литография. Ионно-лучевая литография. Наноимпринтинго-	2	8	10

		вая литография. Перьевая нанолитография. Технические проблемы, сдерживающие развитие литографии.			
7	Молекулярная электроника – проблемы и перспективы	Молекулярная электроника - технология будущего. Особенности технологии молекулярной электроники (МЭ). Перспективы развития и применение МЭ. Устройства МЭ: молекулярный выпрямитель, молекулярные полевые триоды, интегральные схемы, приборы органической электроники. Бактериородопсин: структура и функции. Мыслящая молекула. Жидкие кристаллы.	2	6	8
Итого			18	54	72

заочная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	СРС	Всего, час
1	Современные тенденции в развитии микроэлектроники	Закон Мура как основа оценки темпа развития микроэлектронных технологий. Развитие технологий «Больше Мура». Развитие технологий «Больше, чем Мур». Направленность «За пределами КМОП».	2	8	10
2	Технологии, которые придут на смену КМОП-технологии	Обзор технологии Dark Silicon. Нанoeлектромеханические переключатели. Альтернативные материалы: графен, германий, молебенит.	2	8	10
3	Полупроводниковые материалы IV группы – современные тенденции использования	Карбид кремния и его политипы. Способы синтеза карбида кремния. Твердые растворы SiGe. Низкоразмерные кремниевые структуры. Пористый кремний. Аморфный гидрогенизированный кремний. Перспективы применения полупроводниковых материалов IV группы. Использование напряженного кремния в МДП-транзисторах и КМОП-структурах	-	8	8
4	Полупроводниковые соединения A ² B ⁶ и твердые растворы на их основе: свойства, синтез, применение	Свойства соединений типа A ² B ⁶ . Синтез полупроводниковых соединений A ² B ⁶ . Применение полупроводников A ² B ⁶ .	-	8	8
5	Технология структур кремний на изоляторе (КНИ)	Основные преимущества КНИ структур. Технология «кремний на изоляторе» (КНИ) и ее разновидности. Кремний на сапфире (KHC). Создание скрытого окисла ионной имплантацией (SIMOX). Твердофазное сращивание пластин (wafer bonding, BESOI). Технология управляемого скола (Smart Cut). Модификации метода газового расщепления (DeleCut). Окисление пористого кремния (ELTRAN). Кремний на пустоте (SON, Silicon On Nothing).	-	10	10
6	Современное состояние и тенденции развития литографии	Классификация процессов литографии. Оптическая литография. Литография ЭУФ диапазона. Рентгенолитография. Электронно-лучевая литография. Ионно-лучевая литография. Наноимпринт-литография. Перьевая нанолитография. Технические проблемы, сдерживающие развитие литографии.	-	10	10
7	Молекулярная электроника – проблемы и перспективы	Молекулярная электроника - технология будущего. Особенности технологии молекулярной электроники (МЭ). Перспективы развития и применение МЭ. Устройства МЭ: молекулярный выпрямитель, молекулярные полевые триоды, интегральные схемы, приборы органической электроники. Бактериородопсин: структура и функции. Мыслящая молекула. Жидкие кристаллы.	-	12	12
Всего			4	64	68
Контроль					4
Итого					72

5.2 Перечень лабораторных работ

Не предусмотрено учебным планом.

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины «Современные тенденции развития микро- и наноэлектроники» не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-7	знать основные задачи, направления, тенденции и перспективы развития микро- и нанoeлектроники, а также смежных областей науки и техники;	Тест	Выполнение теста на 40 – 100 %	В тесте менее 40 % правильных ответов
	уметь использовать информационные источники для получения новых знаний о свойствах и области применения материалов и структур в микро- и нанoeлектронике;	Тест	Выполнение теста на 40 – 100 %	В тесте менее 40 % правильных ответов
	владеть современной научной терминологией и основными теоретическими и экспериментальными подходами в передовых направлениях электроники, микро- и нанoeлектроники.	Тест	Выполнение теста на 40 – 100 %	В тесте менее 40 % правильных ответов

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 1 семестре для очной формы обучения, 1 семестре для заочной формы обучения по двухбалльной системе:

«зачтено»

«не зачтено»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено
ПК-7	знать основные задачи, направления, тенденции и перспективы развития микро- и нанoeлектроники, а также смежных областей науки и техники;	Тест	Выполнение теста на 70 – 100 %	Выполнение менее 70 %
	уметь использовать информационные источники для получения новых знаний о свойствах и области применения материалов и структур в микро- и нанoeлектронике;	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть современной научной терминологией и основными теоретическими и экспериментальными подходами в передовых направлениях электроники, микро- и нанoeлектроники.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные

задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. Первоначальная формулировка закона Мура звучала следующим образом:

1. «Количество транзисторов на чипе (интегральной схеме) удваивается каждые 18 месяцев»;
2. «Количество транзисторов на чипе (интегральной схеме) удваивается каждые 12 месяцев»;
3. «Количество транзисторов на чипе (интегральной схеме) удваивается каждые 24 месяца».

2. Эквивалентное масштабирование (Equivalent Scaling) –это:

- 1) улучшение рабочих характеристик ИС путем использования новых материалов, новых процессов и новых интегральных структур;
- 2) постоянное сокращение горизонтальных и вертикальных физических размеров областей функций логики и памяти для повышения плотности элементов и функциональных характеристик;
- 3) повышение емкости подзатворной области, увеличение ширины канала проводимости, уменьшение длины канала проводимости и увеличение подвижности носителей заряда.

3. Закон Деннарда гласит, что при масштабировании техпроцесса в S раз, вычислительная мощность возрастает как:

- 1) S^2 без дополнительных накладных расходов энергопотребления. Это объясняется тем, что на той же площади помещается в S^3 больше транзисторов выполняющих полезную работу, и такие транзисторы могут работать на большей в S^2 раз тактовой частоте. При этом емкость и рабочее напряжение могут быть уменьшены в S раз;
- 2) $S^{1/2}$ без дополнительных накладных расходов энергопотребления. Это объясняется тем, что на той же площади помещается в S^2 больше транзисторов выполняющих полезную работу, и такие транзисторы могут работать на большей в S^3 раз тактовой частоте. При этом емкость и рабочее напряжение могут быть уменьшены в S^2 раз;
- 3) S^3 без дополнительных накладных расходов энергопотребления. Это объясняется тем, что на той же площади помещается в S^2 больше транзисторов выполняющих полезную работу, и такие транзисторы могут работать на большей в S раз тактовой частоте. При этом емкость и рабочее напряжение могут быть уменьшены в S раз.

4. Синтез карбида кремния методом Ачесона основан на явлении сублимации, т.е. испарения и конденсации синтезируемого материала, процесс синтеза:

- 1) заключается в испарении поликристаллического карбида кремния в атмосфере аргона при температуре 2500 – 2600 °С и последующей конденсации паров на случайных зародышах (холодной подложке) в виде чешуйчатых монокристаллов;
- 2) осуществляется в графитовой электропечи спеканием оксида кремния (кремнезема) и углерода при температуре 2500 – 2600 °С;
- 3) заключается в конденсации пересыщенного пара, возникающего при сублимации синтезированного карбида кремния на монокристаллическую затравку, шихта (поликристаллический карбид кремния) находится в зоне высоких температур (1800 – 2600 °С), пары SiC поступают к более холодному кристаллу затравке, на поверхности которого из-за пресыщения происходит кристаллизация, выращивания карбида кремния в виде объемного монокристалла-слитка.

5. Химическая связь в соединениях A^2B^6 носит:

- 1) ионный характер;

- 2) ковалентно-ионный характер;
- 3) ковалентный характер.

6. Синтез структуры кремний на сапфире методом газофазной эпитаксии (ГФЭ) заключается в следующем:

1) в вакуумную камеру подаются газовые смеси, содержащие кремний (моносилан SiH_4) и, при необходимости, легирующую примесь, на нагретой монокристаллической подложке протекает реакция химического восстановления кремния с удалением летучего остатка, оставшиеся на поверхности подложки атомы кремния образуют упорядоченную структуру;

2) нанесения покрытий (тонких плёнок) в вакууме, путём конденсации на подложку (изделие, деталь) материала из плазменных потоков, генерируемых на катоде-мишени в катодном пятне вакуумной дуги сильноточного низковольтного разряда, развивающегося исключительно в парах материала электрода;

3) формирование тонких монокристаллических слоев на нагретой монокристаллической подложке за счет реакций между молекулярными или атомными пучками и поверхностью подложки. Высокая температура подложки способствует миграции атомов по поверхности, в результате которой атомы занимают строго определенные положения.

7. Оптическая литография (фотолитография) – это:

- 1) экспонирования электронным лучом электрически чувствительных поверхностей;
- 2) способ формирования заданного рельефа или топологии с помощью пучков света через шаблон;
- 3) экспонирование пластины широким пучком ионов из жидкометаллического источника через шаблон.

8. Жидкие кристаллы (ЖК) – это:

1) фаза переменного состава, в которых атомы различных элементов расположены в общей кристаллической решетке, тип решетки компонента – растворителя сохраняется, но с иными размерами элементарной ячейки;

2) особое термодинамическое состояние вещества, промежуточное между кристаллическим твердым телом и аморфной жидкостью и характеризующееся определенным порядком в расположении молекул;

3) периодическая структура, в которой на носители заряда наряду с потенциалом кристаллической решетки действует дополнительный встроенный потенциал.

9. Размерный скейлинг – это масштабное:

1. уменьшение геометрических размеров микроэлектронных компонентов с сохранением электрических и улучшением функциональных характеристик отдельных приборов и всей схемы в целом;

2. увеличение геометрических размеров микроэлектронных компонентов с сохранением электрических и улучшением функциональных характеристик отдельных приборов и всей схемы в целом;

3. уменьшение геометрических размеров микроэлектронных компонентов с улучшением электрических и функциональных характеристик отдельных приборов и всей схемы в целом.

10. Направление «Больше, чем Мур» (More than Moore) – это:

1. освоение нанотехнологий, новых материалов;

2. новая область микро- и нанoeлектроники, которая реализуется с помощью технологий за пределами традиционных полупроводниковых технологий и приложений. Это направление предусматривает создание и интеграцию различных нецифровых функциональных компонентов в цифровые микросхемы;

продолжение развития современных КМОП-технологий до физических и технологических

пределов проектирования в соответствии с законом Мура.

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Создание интегральных устройств методами литографии. Традиционная фотолитография и ее проблемы.
2. Каково значение широкозонных соединений A^2B^6 для оптоэлектроники?
3. Электронно-лучевая литография.
4. Чем обусловлены трудности выращивания крупных монокристаллов соединений A^2B^6 ?
5. Рентгеновская литография.
6. Каковы особенности синтеза соединений A^2B^6 ?
7. Литография высокого разрешения.
8. Перечислите методы получения нанокристаллов соединений A^2B^6 .
9. Методы безмасочной технологии.
10. Каковы особенности создания гетероструктур на основе соединений A^2B^6 .
11. Перьевая нанолитография.
12. Каковы особенности технологии ELTRAN?
13. Нанопечатная литография.
14. Каковы отличительные черты технологии BESOI?
15. Электронный и ионный луч как инструмент современной технологии.
16. Каковы особенности технологии Smart Cut?

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Мировой рынок электроники.
2. Рынок отечественной электроники.
3. Закон Мура и тенденции развития электроники.
4. Современное состояние отечественной и зарубежной электроники.
5. Наиболее крупные электронные компании, работающие по технологии 22 нм.
6. Исследование методов повышения внешней квантовой эффективности светоизлучающих кристаллов ИК – диапазона
7. Исследование времени задержки для субмикронной металлизации СБИС
8. Технология получения эпитаксиальных гетероструктур на GaN
9. Анализ причин брака СД на основе гетероструктур InGaN/GaN.
10. Разработка активного элемента МЭМС СВЧ – переключателя

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Закон Мура как основа оценки темпа развития микроэлектронных технологий.
2. Развитие технологий «Больше Мура».
3. Развитие технологий «Больше, чем Мур».
4. Направленность «За пределами КМОП».
5. Обзор технологии Dark Silicon.
6. Наноэлектромеханические переключатели.
7. Альтернативные материалы: графен, германий, молебденит.

8. Карбид кремния и его политипы.
9. Способы синтеза карбида кремния.
10. Твердые растворы SiGe.
11. Низкоразмерные кремниевые структуры.
12. Пористый кремний.
13. Аморфный гидрогенизированный кремний.
14. Перспективы применения полупроводниковых материалов IV группы.
15. Использование напряженного кремния в МДП-транзисторах и КМОП-структурах
16. Свойства соединений типа A^2B^6 .
17. Синтез полупроводниковых соединений A^2B^6 .
18. Применение полупроводников A^2B^6 .
19. Основные преимущества КНИ структур.
20. Технология «кремний на изоляторе» (КНИ) и ее разновидности. Кремний на сапфире (КНС).
21. Создание скрытого окисла ионной имплантацией (SIMOX).
22. Твердофазное сращивание пластин (wafer bonding, BESOI).
23. Технология управляемого скола (Smart Cut).
24. Модификации метода газового расщепления (DeleCut).
25. Окисление пористого кремния (ELTRAN).
26. Кремний на пустоте (SON, Silicon On Nothing).
27. Классификация процессов литографии.
28. Оптическая литография.
29. Литография ЭУФ диапазона.
30. Рентгенолитография.
31. Электронно-лучевая литография.
32. Ионно-лучевая литография.
33. Наноимпринтиговая литография.
34. Перьевая нанолитография. Технические проблемы, сдерживающие развитие литографии.
35. Молекулярная электроника - технология будущего.
36. Особенности технологии молекулярной электроники (МЭ). Перспективы развития и применение МЭ.
37. Устройства МЭ: молекулярный выпрямитель, молекулярные полевые триоды, интегральные схемы, приборы органической электроники.
38. Бактериородопсин: структура и функции.
39. Мыслящая молекула.
40. Жидкие кристаллы.

7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

Не предусмотрено учебным планом

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Зачет проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 0,5 баллов. Максимальное количество набранных баллов – 5.

1. Оценка «Не зачтено» ставится в случае, если студент набрал менее 3 баллов.

2. Оценка «Зачтено» ставится в случае, если студент набрал от 3 до 5 бал-

ЛОВ

При получении оценки «Зачтено» требуемые в рабочей программе знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на промежуточном этапе считаются достигнутыми.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Современные тенденции в развитии микроэлектроники	ПК-7	Тест, устный опрос
2	Технологии, которые придут на смену КМОП-технологии	ПК-7	Тест, устный опрос
3	Полупроводниковые материалы IV группы – современные тенденции использования	ПК-7	Тест, устный опрос
4	Полупроводниковые соединения A^2B^6 и твердые растворы на их основе: свойства, синтез, применение	ПК-7	Тест, устный опрос
5	Технология структур кремний на изоляторе (КНИ)	ПК-7	Тест, устный опрос
6	Современное состояние и тенденции развития литографии	ПК-7	Тест, устный опрос
7	Молекулярная электроника – проблемы и перспективы	ПК-7	Тест, устный опрос

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Андриевский Р.А. Основы наноструктурного материаловедения. Возможности и проблемы: монография / Р.А. Андриевский. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. – 251 с.
2. Старостин В.В. Материалы и методы нанотехнологии: учеб. пособие / В.В. Старостин. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 431 с.
3. Рыжонков Д.И., Лёвина В.В., Дзидзигури Э.Л. Наноматериалы: учеб. пособие / Д.И. Рыжонков, В.В. Лёвина, Э.Л. Дзидзигури. – 2-е изд. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – 365 с.
4. Драгунов, В.П. Основы наноэлектроники / В.П. Драгунов, И.Г. Неизвестный, В.А. Гридчин. – М.: Лотос, 2006. – 332 с.
5. Щука А.А. Электроника: учеб. пособие / А.А. Щука; под ред. А.С. Сигова. – СПб: БХВ-Петербург, 2005. – 800 с.
6. Ермаков О.Н. Мир электроники. Прикладная оптоэлектроника / О.Н. Ермаков. – М.: Техносфера, 2004. – 416 с.
7. Андриевский Р.А. Наноструктурные материалы: учеб. пособие / Р.А. Андриевский, А.В. Рагуля. – М.: Академия, 2005. – 192 с.
8. Евдокимов А.А. Получение и исследование наноструктур: лабораторный практикум по нанотехнологиям: учеб. пособие / А.А. Евдокимов, Е.Д. Мишина, В.О. Вальднер и др.; под ред. А. С. Сигова. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 146 с.
9. Пул-мл. Ч. Нанотехнологии / Ч. Пул-мл., Ф. Оуэнс. – М.: Техносфера, 2006. – 336 с.
10. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии: монография / А.И. Гусев. – 2-е изд., испр. – М.: Физматлит, 2009. – 414 с.
11. Ремпель А.А. Материалы и методы нанотехнологий : учеб. пособие / А.А. Ремпель, А.А. Валеева. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2015 – 136 с.

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Образовательный портал ВГТУ: <https://old.education.cchgeu.ru>
Интернет-энциклопедия: <http://ru.wikipedia.org> (статья «Нанотехнология»)
Нанотехнологический портал: <http://www.nanonewsnet.ru>
Портал Наноиндекс: <http://www.nanoindex.ru>
Нанотехнологическое сообщество Нанометр: <http://www.nanometer.ru>
Сообщество Nano.Tech: <http://www.nanotech.ru>
Национальный информационно-аналитический центр «Нанотехнологии и наноматериалы»: <http://www.iasnano.ru>

Сверхпроводники: [http:// www. superconductors. org/](http://www.superconductors.org/)

Журнал «Нано- и микросистемная техника» <http://www.mikrosystems.ru>

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Специализированная лекционная аудитория, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой.

10 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Основой изучения дисциплины «Современные тенденции развития микро- и нанoeлектроники» являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Большое значение по закреплению и совершенствованию знаний имеет самостоятельная работа студентов. Информацию о всех видах самостоятельной работы студенты получают на занятиях.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой тестовых заданий. Освоение дисциплины оценивается на зачете.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометить важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата вне- сения из- менений	Подпись заведую- щего кафедрой, от- ветственной за реа- лизацию ОПОП
1			
2			
3			
4			
5			