

**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

«Технологии больших интегральных схем, микро- и наносистем»

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

Меньшикова Т.Г. Меньшикова Т.Г.

Заведующий кафедрой
полупроводниковой электроники
и наноэлектроники

Рембеза С.И. Рембеза С.И.

Руководитель ОПОП

Рембеза С.И. Рембеза С.И.

Воронеж 2020

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины – обеспечение основ технологии БИС, изучение способов нанесения, удаления и модифицирования вещества на микро- и наноуровне, используемых при создании компонентов твердотельной электроники и интегральных микросхем.

1.2. Задачи освоения дисциплины

– усвоение современных представлений о физических процессах и технологиях, лежащих в основе создания субмикронных структур микро- и наноэлектроники;

– получение современных представлений о физических, химических и биологических свойствах различных наноматериалов, а также о возможности использования нанобъектов в перспективных областях промышленности;

– формирование навыков работы на технологическом оборудовании.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина Б1.О.05 «Технологии больших интегральных схем, микро- и наносистем» относится к дисциплинам части блока Б1 учебного плана, формируемой участниками образовательных отношений.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Технологии больших интегральных схем, микро- и наносистем» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-9: способность разработки технологического маршрута на изготовление изделий «система в корпусе» на основе технического задания;

ПК-10: теоретическая и практическая готовность к применению современных технологических процессов и технологического оборудования на этапах разработки и производства приборов и устройств микро- и наноэлектроники;

ПК-11: способность аргументировано идентифицировать новые области исследований, новые проблемы в сфере электроники и наноэлектроники, проектирования, технологии изготовления и применения новых функциональных материалов и устройств.

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-9	знать методы расчета базовых технологических параметров;
	уметь ориентироваться в технологии производства больших интегральных схем, микро- и наносистем;
	владеть знаниями о принципах работы технологического оборудования и приборов и применения их в реальных условиях работы в научных лабораториях или на производстве.

ПК-10	знать основные базовые технологические операции;
	уметь пользоваться методами контроля основных технологических параметров;
	владеть практическими навыками технологии больших интегральных схем, микро- и наносистем.
ПК-11	знать современные операции микро- и нанотехнологии;
	уметь применять теоретические знания в реальных условиях производства изделий микро и нанoeлектроники;
	владеть методами моделирования процессов с целью анализа и оптимизации их параметров.

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Технологии больших интегральных схем, микро- и наносистем» составляет 3 зачетные единицы.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		3
Аудиторные занятия (всего)	48	48
В том числе:		
Лекции	16	16
Практические занятия (ПЗ)	16	16
Лабораторные работы (ЛР)	16	16
Самостоятельная работа	60	60
Виды промежуточной аттестации – зачет	+	+
Общая трудоемкость академические часы	108	108
з.е.	3	3

заочная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		3
Аудиторные занятия (всего)	12	12
В том числе:		
Лекции	4	4
Практические занятия (ПЗ)	4	4
Лабораторные работы (ЛР)	4	4
Самостоятельная работа	92	92
Контрольная работа	+	+
Часы на контроль	4	4
Виды промежуточной аттестации - зачет	+	+
Общая трудоемкость академические часы	108	108
з.е.	3	3

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	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Основные технологические направления производства больших интегральных схем, микро- и наносистем.	«Микро – и нанотехнологии», основные тенденции развития, перспективные направления полупроводниковой микро и нанотехнологии; закон Мура. Перспективные направления гибридной технологии, многослойные гибридные ИМС. Основные операции технологии изготовления микросхем микропроцессоров: нанотехнологии группового легирования, понятия, определения; легирование методом термической диффузии примеси; нанотехнологии легирования методом ионной имплантации, нанотехнологии молекулярно-лучевой эпитаксии (посредством термического испарения кремния в высоком вакууме электронным лучом, ионно-плазменным распылением кремния ионами инертного газа).	8	8	8	30	54
2	Особенности и методы модификации поверхности при получении наноструктурированных объектов.	Технология получения диоксида кремния на поверхности кремниевых пластин; Технологии литографии: ультрафиолетовая фотолитография с длиной волны излучения эксимерных лазеров на KrF ($\lambda = 248$ нМ) и ArF ($\lambda = 193$ нМ); фотолитография в жёстком ультрафиолете: иммерсионная литография, рентгеновская литография; электронная литография. Нанотехнологии плазмохимической обработки подложек; осаждения на поверхность подложек тонких пленок различного назначения методами электронно-лучевого и ионно-плазменного напыления операции отжига посредством галогенных ламп, электронным пучком, лучом лазера. Модификация поверхности методом локального анодного окисления. Нанотранзисторы КНИ, конструктивные особенности, преимущества: увеличение степени интеграции, быстродействия, уменьшение токов утечки, потребляемой мощности, последовательность операций технологического цикла изготовления.	8	8	8	30	54
Итого			16	16	16	60	108

заочная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Основные технологические направления производства больших интегральных схем, микро- и наносистем.	«Микро – и нанотехнологии», основные тенденции развития, перспективные направления полупроводниковой микро и нанотехнологии; закон Мура. Перспективные направления гибридной технологии, многослойные гибридные ИМС. Основные операции технологии изготовления микросхем микропроцессоров: нанотехнологии группового легирования, понятия, определения; легирование методом термической диффузии примеси; нанотехнологии легирования методом ионной имплантации, нанотехнологии молекулярно-лучевой эпитаксии (посредством термического испарения кремния в высоком вакууме электронным лучом, ионно-плазменным распылением кремния ионами инертного газа).	2	2	2	46	52
2	Особенности и методы модификации поверхности при получении наноструктурированных объектов.	Технология получения диоксида кремния на поверхности кремниевых пластин. Технологии литографии: ультрафиолетовая фотолитография с длиной волны излучения эксимерных лазеров на KrF ($\lambda = 248$ нМ) и ArF ($\lambda = 193$ нМ); Фотолитография в жёстком ультрафиолете: иммерсионная литография. Рентгеновская литография; электронная литография. Нанотехнологии плазмохимической обработки подложек; осаждения на поверхность	2	2	2	46	52

	подложек тонких пленок различного назначения методами электронно-лучевого и ионно-плазменного напыления операции отжига посредством галогенных ламп, электронным пучком, лучом лазера. Модификация поверхности методом локального анодного окисления. Нанотранзисторы КНИ, конструктивные особенности, преимущества: увеличение степени интеграции, быстродействия, уменьшение токов утечки, потребляемой мощности, последовательность операций технологического цикла изготовления.					
	Всего	4	4	4	92	104
	Контроль					4
	Итого					108

5.2 Перечень лабораторных работ

1. Напыление тонких пленок методом магнетронного распыления.
2. Анализ параметров рельефа поверхности по данным полученным методом АСМ микроскопии
3. Молекулярно-лучевая эпитаксия в технологии наноразмерных структур электроники.
4. Создание p-n перехода методом ионного легирования.

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

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины «Технологии больших интегральных схем, микро- и наносистем» не предусматривает выполнение курсового проекта (работы).

Учебным планом по дисциплине «Технологии больших интегральных схем, микро- и наносистем» предусмотрено выполнение контрольной работы в 3 семестре для заочной формы обучения.

Примерная тематика контрольных работ.

1. Расчет параметров ионно-легированных слоев.
2. Диффузия в полупроводниках.
3. Расчет параметров рельефа структур, полученного методом АСМ-микроскопии.

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-9	знать методы расчета базовых технологических параметров;	Решена контрольная работа, сданы лабораторные работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь ориентироваться в технологии производства больших интегральных схем, микро- и наносистем;	Решена контрольная работа, сданы лабораторные работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть знаниями о принципах работы технологического оборудования и приборов и применения их в реальных условиях работы в научных лабораториях или на производстве.	Решена контрольная работа, сданы лабораторные работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-10	знать основные базовые технологические операции;	Решена контрольная работа, сданы лабораторные работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь пользоваться методами контроля основных технологических параметров;	Решена контрольная работа, сданы лабораторные работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть практическими навыками технологии больших интегральных схем, микро- и наносистем.	Решена контрольная работа, сданы лабораторные работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-11	знать современные операции микро- и нанотехнологии;	Решена контрольная работа, сданы лабораторные работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь применять теоретические знания в реальных условиях производства изделий микро и нанoeлектроники;	Решена контрольная работа, сданы лабораторные работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть методами моделирования процессов с целью анализа и оптимизации их параметров.	Решена контрольная работа, сданы лабораторные работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 3 семестре для очной формы обучения, 3 семестре для заочной формы обучения по двухбалльной системе:

«зачтено»;

«не зачтено».

Компетенция	Результаты обучения,	Критерии	Зачтено	Не зачтено
--------------------	-----------------------------	-----------------	----------------	-------------------

	характеризующие сформированность компетенции	оценивания		
ПК-9	знать методы расчета базовых технологических параметров;	Тест	Выполнение теста на 70 – 100 %	Выполнение менее 70 %
	уметь ориентироваться в технологии производства больших интегральных схем, микро- и наносистем;	Решение стандартных практических задач	Продemonстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть знаниями о принципах работы технологического оборудования и приборов и применения их в реальных условиях работы в научных лабораториях или на производстве.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продemonстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПК-10	знать основные базовые технологические операции;	Тест	Выполнение теста на 70 – 100 %	Выполнение менее 70 %
	уметь пользоваться методами контроля основных технологических параметров;	Решение стандартных практических задач	Продemonстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть практическими навыками технологии больших интегральных схем, микро- и наносистем.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продemonстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПК-11	знать современные операции микро- и нанотехнологии;	Тест	Выполнение теста на 70 – 100 %	Выполнение менее 70 %
	уметь применять теоретические знания в реальных условиях производства изделий микро и нанoeлектроники;	Решение стандартных практических задач	Продemonстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть методами моделирования процессов с целью анализа и оптимизации их параметров.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продemonстрирован 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

- Рост термического окисла происходит следующим образом:
 - 1) атомы кремния продвигаются к поверхности оксида и вступают в реакцию с кислородом;
 - 2) оксид кремния осаждается на подложку;
 - 3) молекулы кислорода диффундируют к поверхности кремния через слой окисла и вступают в реакцию.
- Ловушка Фарадея в методе ионной имплантации служит для:
 - 1) подавления вторичной электронной эмиссии;
 - 2) отслеживания нейтральных молекул;
 - 3) сепарации ионов.
- При высоких уровнях легирования с коэффициентом диффузии происхо-

дит:

- 1) небольшое увеличение;
 - 2) значительное увеличение;
 - 3) значительное снижение.
4. Кремний для нужд микроэлектронного производства получают из:
- 1) графита;
 - 2) глины;
 - 3) речного песка.
5. Недостаток, свойственный методу контактной оптической литографии – наличие:
- 1) загрязнений на поверхности пластины;
 - 2) поверхностного заряда;
 - 3) поверхностных состояний.
6. При изготовлении фотошаблонов для рентгеновской литографии как поглощающий материал используют:
- 1) медь;
 - 2) платину;
 - 3) золото.
7. Работа атомно-силового микроскопа основана на использовании:
- 1) сил межатомного взаимодействия;
 - 2) электрического взаимодействия;
 - 3) магнитного взаимодействия.
8. Взаимодействие между атомами поверхности и зонда описывается потенциалом:
- 1) Леннарда Джонса;
 - 2) точечного заряда;
 - 3) Гиббса.
9. Спектром длин волн меньше 1 ангстрема обладает:
- 1) гамма-излучение;
 - 2) рентгеновское излучение;
 - 3) УФ-излучение.
10. Двухпроходным методом АСМ не является:
- 1) магнитно-силовая микроскопия;
 - 2) контактная атомно-силовая микроскопия;
 - 3) метод Кельвина.

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Установка для ионного легирования типа «Везувий» имеет ускоряющее напряжение от 100 до 300 кВ. Определить минимальную и максимальную энергии, приобретаемые ионами фосфора $31P^+$, $31P^{++}$, $31P^{+++}$ на данной установке.
2. Определить удельные электронные потери фосфора с энергией 100 кэВ при внедрении их в кремниевую подложку.
3. Какой механизм энергетических потерь преобладает при внедрении в кремний ускоренных ионов:
 - а) бора в диапазоне энергий 50 – 120 кэВ;
 - б) фосфора в диапазоне энергий 0 – 200кэВ?
4. Определить средний полный пробег ионов бора с энергией 87 кэВ при внедрении в кремний.
5. Рассчитать и построить энергетическую зависимость полного пробега в кремнии при внедрении ускоренных ионов:
 - а) бора в диапазоне энергий 0 – 80 кэВ;
 - б) фосфора в диапазоне энергий 10– 120 кэВ.
6. Рассчитать и построить графики температурной зависимости коэффициента диффузии в интервале температур от 300 К до точки плавления в арсениде галлия: кадмия, германия, мышьяка, серы, селена, галлия.
7. Рассчитать и построить температурную зависимость собственного коэффициента диффузии фосфора в кремнии в интервале температур от 700 до 1200 °С
8. Рассчитать зависимость электронных и ядерных энергетических потерь ионов лития в кремнии в диапазоне энергий от 0 до 50 кэВ с шагом 50 эВ.
9. Рассчитать и построить температурную зависимость коэффициента диффузии мышьяка $D_{As}(T)$ при низких уровнях легирования в диапазоне 1000 – 1200 °С при концентрациях 10^{17} ; 10^{18} ; 10^{19} см⁻³.
10. Провести сравнительный анализ гистограмм в зависимости от метода обработки АСМ-изображения.

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Квантовые ограничения для приборов классической электроники.
2. Физические ограничения минимальных размеров ИС.
3. Базовые операции и основные принципы планарной технологии. Изменения набора базовых операций при переходе к наноразмерным прибо-

рам.

4. Анизотропия ионного легирования. Температурные режимы. Применение ионного легирования в технологии БИС.
5. Образование и отжиг радиационных дефектов. Быстрые отжиги наноразмерных слоев.
6. Технология «кремний-на-изоляторе».
7. Предельная разрешающая способность различных методов литографии.
8. Основные требования к материалам для межсоединений. Многоуровневые системы металлизации.
9. Наноструктурные материалы.
10. Поверхность, границы, морфология наноматериалов. Доля поверхности в наноматериалах.

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Основные технологические операции изготовления ИМС и их назначение.
2. Понятие степени интеграции.
3. Классификация микросхем по функциональной сложности.
4. Понятие плотности упаковки, что оно характеризует?
5. Создание p-n переходов методом ионного легирования.
6. Профиль распределения примеси, внедренной методом ионного легирования.
7. Создание p-n переходов методом термической диффузии.
8. Профиль распределения примеси, внедренной методом термической диффузии.
9. Получение оксида и нитрида кремния
10. Чем определяется качество окисной пленки и от чего оно зависит?
11. Получение поликристаллического кремния
12. Пиролитическое осаждение
13. Газофазная эпитаксия
14. Молекулярно-лучевая эпитаксия
15. Жидкофазная эпитаксия
16. Процессы гомо- и гетероэпитаксии, область применения.
17. Тенденции развития эпитаксиальной технологии.
18. Контроль качества эпитаксиальных слоев.
19. Контроль качества защитных пленок.
20. Вакуум-термическое и электронно-лучевое испарение
21. Проекционная фотолитография.
22. Основные этапы и процессы фотолитографии.
23. Технологический процесс травления. Виды травления.
24. Технология электронно-лучевой литографии
25. Рентгеновская литография
26. Ионно-лучевые системы литографии
27. Голографическая литография

28. Нанопечатная литография
29. Основные принципы и характеристики процесса ионного легирования.
30. Особенности ионного легирования кремния.
31. Особенности ионного легирования кремния соединений типа A^3B^5 .
32. Методы получения упорядоченных наноструктур.
33. Формирование квантовых точек посредством самоорганизации при эпитаксии.
34. Методы зондовой нанотехнологии.
35. Атомно-силовая микроскопия.
36. Технологии СТМ для модификации поверхности
37. Применение АСМ для модификации поверхности.
38. Нанолитография.
39. Методы измерения параметров наноструктур.
40. Исследования наноструктур посредством электронного микроскопа.

7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

Не предусмотрено учебным планом

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 5 вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 5 баллов. Максимальное количество набранных баллов – 10.

1. Оценка «не зачтено» ставится в случае, если студент набрал менее 8 баллов.

2. Оценка «зачтено» ставится в случае, если студент набрал от 8 до 10 баллов.

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	Основные технологические направления производства больших интегральных схем, микро- и наносистем	ПК-9, ПК-10, ПК-11	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ.
2	Особенности и методы модификации поверхности при получении наноструктурированных объектов	ПК-9, ПК-10, ПК-11	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ.

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 методики 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 методики 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 методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Щука А.А. Электроника: учеб. пособие / А.А. Щука; под ред. А.С. Сигова. – СПб: БХВ-Петербург, 2005. – 800 с.

2. Пасынков В.В. Материалы электронной техники: учебник / В.В. Пасынков, В.С. Сорокин. – 6-е изд., стереотип. – СПб. : Лань, 2004 – 368 с.

3. Пасынков В.В. Полупроводниковые приборы: учебник / В.В. Пасынков, Л.К. Чиркин. – 7-е изд., испр. – СПб.: Лань, 2003. – 480 с.

4. Лозовский В.Н. Нанотехнология в электронике. Введение в специальность: учеб. пособие / В.Н. Лозовский, Г.С. Константинова, С.В. Лозовский. – СПб.: Лань, 2008. – 336 с.

5. Новокрещенова Е.П. Материалы и элементы электронной техники: учеб. пособие: в 2 ч. Ч. 1 / Е.П. Новокрещенова, Т.В. Свистова – Воронеж: ГОУВПО «ВГТУ», 2010. – 221 с.

6. Свистова Т.В. Материалы и элементы электронной техники: учеб. пособие: в 2 ч. Ч. 2 / Т.В. Свистова, Е.П. Новокрещенова. – Воронеж: ГОУВПО «ВГТУ», 2010. – 159 с.

7. Сорокин В.С. Материалы и элементы электронной техники: учебник / В.С. Сорокин, Б.Л. Антипов, Н.П. Лазарева. – 2 е изд., испр. – СПб.: Лань, 2016. – 384 с.

8. Технология, конструкции и методы моделирования кремниевых интегральных микросхем: в 2 ч. Ч. 1: Технологические процессы изготовления кремниевых интегральных схем и их моделирование / М. А. Королёв и др.;

под общей ред. чл.-корр. РАН проф. Ю. А. Чаплыгина. – 3-е изд. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. – 397 с.

9. Пантелеев В.И. Физика и технология полупроводниковых гетеропереходных структур : учеб. пособие / В. И. Пантелеев, Е. В. Бордаков. – Воронеж: ГОУВПО «ВГТУ», 2000. – 82 с.

10. Энциклопедия технологии полупроводниковых материалов / пер. с англ. Э.П. Домашевской. Т.1: Электронная структура и свойства полупроводников / под ред. К.А. Джексона, В. Шретера. – Воронеж: Водолей, 2004. – 967 с.

11. Рембеза С.И. Физические методы исследования материалов твердотельной электроники: учеб. пособие / С.И. Рембеза, Б.М. Синельников, Е.С. Рембеза, Н.И. Каргин. – Ставрополь : Северо-Кавказский ГТУ, 2002. – 432с.

12. Пантелеев В.И. Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Технология СБИС» / В.И. Пантелеев, Е.В. Бордаков. – Воронеж: ГОУВПО «ВГТУ», 2007.

13. Пантелеев В.И. Методические указания к выполнению лабораторных работ № 3 – 4 по дисциплине «Процессы микро- и нанотехнологии» / В.И. Пантелеев, Е.В. Бордаков. – Воронеж: ГОУВПО «ВГТУ», 2010.

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:

Методические указания к выполнению лабораторных работ представлены на сайте: <http://cchgeu.ru/>

Образовательный портал ВГТУ: <https://old.education.cchgeu.ru>

<http://perst.issp.ras.ru> – информационный бюллетень «Перспективные технологии»

<http://www.nanodigest.ru> – интернет-журнал о нанотехнологиях

<http://www.nano-info.ru> – сайт о современных достижениях в области микро- и нанотехнологий

<http://www.kit.ru> – журнал «Компоненты и технологии».

<http://www.strf.ru> – журнал «Электроника: наука, технология, бизнес».

Электронный ресурс: интернет сайт компании «НТ-МДТ»:

<http://www.ntmdt.ru>

Системные программные средства: Microsoft Windows, Microsoft Vista

Прикладные программные средства: Microsoft Office 2010 Pro, FireFox, LabVIEW, Elektronik Workbench.

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

1. Специализированная лекционная аудитория, оснащенная оборудова-

нием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой.

2. Лабораторное оборудование кафедры полупроводниковой электроники и наноэлектроники.

3. Натурные лекционные демонстрации: демонстрации изделий электроники и микроэлектроники: дискретных приборов, интегральных микросхем; образцов полупроводниковых материалов, подложек микросхем, фотошаблонов и др.

4. Плакаты и наглядные пособия из фонда кафедры ППЭНЭ.

10 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Технологии больших интегральных схем, микро- и наносистем» читаются лекции, проводятся практические и лабораторные занятия, выполняется контрольная работа.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия проводятся путем решения стандартных и прикладных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

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 осуществляется тестированием, проверкой контрольной работы. Освоение дисциплины оценивается на зачете.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать 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.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, решение задач по алгоритму.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции, при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать

	<p>все возможности лабораторных работ, для подготовки к ним необходимо: разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.</p>
<p>Самостоятельная работа</p>	<p>Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие:</p> <ul style="list-style-type: none"> - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
<p>Подготовка к промежуточной аттестации</p>	<p>Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на рекомендуемую литературу и решение задач на практических занятиях.</p>

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			