

Приложение 3 РПД Б1.Б.20

**Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»
в г. Смоленске**

УТВЕРЖДАЮ

Зам. директора
филиала ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»
в г. Смоленске
по учебно-методической работе
В.В. Рожков
« 31 » 08 2015 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ

(НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

Направление подготовки: 11.03.04 Электроника и наноэлектроника

Профиль подготовки: Промышленная электроника

Уровень высшего образования: бакалавриат

Нормативный срок обучения: 4 года

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Целью освоения дисциплины является подготовка обучающихся к *научно-исследовательской и проектно-конструкторской* деятельности по направлению подготовки 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника» посредством обеспечения этапов формирования компетенций, предусмотренных ФГОС, в части представленных ниже знаний, умений и навыков.

Задачами дисциплины является изучение понятийного аппарата дисциплины, основных теоретических положений и методов, привитие навыков применения теоретических знаний для решения практических задач.

Дисциплина направлена на формирование следующих *профессиональных* компетенций в соответствии с учебным планом (УП):

- ПК-6 — способностью разрабатывать проектную и техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы;
- ПК-7 — готовностью осуществлять контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам.

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать:

- терминологию в области технологии производства электронной компонентной базы, основные понятия и определения (ПК-6);
- общие принципы построения технологических процессов, технологических маршрутов и схем (ПК-6);
- физико-технологические основы процессов производства изделий электронной компонентной базы, особенности проведения отдельных технологических операций и обеспечения технологических режимов (ПК-6);
- технологические методы очистки полупроводников, основные способы получения монокристаллических материалов (ПК-6);
- требования стандартов к оформлению конструкторской документации (ПК-7)
- особенности обеспечения контроля за технологическими параметрами и режимами установок (ПК-6);

Уметь:

- анализировать научно-техническую информацию в области новых технологий и процессов, оформлять технологическую документацию (ПК-6);
- разрабатывать элементы интегральных схем с требуемыми электрофизическими и конструктивными параметрами;
- грамотно организовать технологические процессы и маршруты производства активных и пассивных элементов электронной компонентной базы (ПК-6);
- производить расчет тонкопленочных элементов гибридных интегральных схем (ПК-6);
- грамотно выбирать технологические процессы и оборудование, необходимые для решения поставленной задачи (ПК-6);
- разрабатывать техническую документацию на технологические процессы и установки для производства электронной компонентной базы (ПК-7);
- осуществлять контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации техническим условиям и другим нормативным документам (ПК-7).

Владеть:

- навыками анализа и синтеза процессов, лежащих в основе работы технологического оборудования;
- методами конструктивного расчета элементов толсто пленочных и тонко пленочных гибридных интегральных схем (ПК-6);
- навыками практического использования современного оборудования и приборов (ПК-6);
- методами анализа и расчета технологических режимов и процессов (ПК-6);
- навыками практического использования измерительных приборов и комплексов для контроля за технологическими режимами и основными параметрами конечных изделий;
- навыками разработки технологической документации и технических проектов (ПК-6, ПК-7);
- навыками оценки соответствия разработанных технологических систем требованиям стандартов, технических условий и другим нормативным документам (ПК-7).

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к *базовой* части блока Б1 образовательной программы подготовки *бакалавров* по профилю «Промышленная электроника» направления 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника».

В соответствии с учебным планом по направлению 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника» дисциплина Б1.Б.20 «Основы технологии электронной компонентной базы» базируется на следующих дисциплинах: Б1.Б.5, Б1.Б.6, Б1.Б.8, Б1.Б.10, Б1.Б.13, Б1.Б.16, Б1.В.ОД.3, Б1.В.ОД.4, Б1.В.ОД.6, Б1.В.ОД.9, Б1.В.ДВ.2, Б1.В.ДВ.3

Знания, умения и навыки, полученные студентами в процессе изучения дисциплины, являются базой для изучения следующих дисциплин: Б1.Б.19, Б1.В.ОД.10, Б1.В.ОД.11, Б1.В.ОД.12, Б1.В.ДВ.7, Б2.П.1.

3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Аудиторная работа

Цикл:	Б1	Семестр
Часть цикла:	Базовая	
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Б.20	
Всего по учебному плану (ЗЕТ; часов)	3; 108	6 семестр
Часов контак. работы по учебному плану:	50	6 семестр
Трудоемкость в зачетных единицах (ЗЕТ):	1,39	6 семестр
Лекции (ЗЕТ; часов)	0,44; 16	6 семестр
Практические занятия (ЗЕТ; часов)	0,44; 16	6 семестр
Лабораторные работы (ЗЕТ; часов)		6 семестр
Консультации по курсовой работе	0,5; 18	6 семестр

Самостоятельная работа студентов (внеаудиторная работа)

Вид работ	Трудоёмкость, ЗЕТ; час
<i>Самостоятельная работа в течение семестра</i>	
Изучение материалов лекций (лк)	
Подготовка к практическим занятиям (пз)	
Выполнение курсовой работы	0,61; 22
Самостоятельное изучение дополнительных материалов дисциплины (СРС)	
<i>Подготовка к итоговым контрольным мероприятиям по дисциплине</i>	
Подготовка к защите КР (зачет с оценкой)	
Подготовка к экзамену	1; 36
Всего:	1,61; 58

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

№ п/п	Темы дисциплины	Всего часов на тему	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость (в часах) (в соответствии с УП)				
			лк	пр	лаб	СРС	в т.ч. интеракт.
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Понятие технологии. Технологические процессы создания электронной компонентной базы.	2	2	-	-	-	
2	Технология толсто пленочных гибридных интегральных схем (ГИС). Методы нанесения и термообработки толстых пленок	2	2	-	-	-	
3	Тонкопленочная технология ГИС. Методы нанесения тонких пленок.	2	2	-	-	-	
4	Проектирование и расчет тонкопленочных элементов (R, C, L) ГИС.	20	4	16	-	-	2
5	Фотолитография. Основы технологии и материалы для фотолитографического процесса.	2	2	-	-	-	
6	Технологические процессы создания полупроводниковых приборов и интегральных микросхем.	4	4	-	-	-	
	КУРСОВАЯ РАБОТА (СРС)	22				22	
	КУРСОВАЯ РАБОТА (консультации)	18					
	ЭКЗАМЕН	36					
	ИТОГО	108					
	Всего по видам учебных занятий		16	16		22	2

Содержание по видам учебных занятий

Тема 1. Понятие технологии. Технологические процессы создания электронной компонентной базы.

Лекция 1. Технология. Технологический процесс, технологическая схема. Технологические операции и их разновидности. Сплавная и диффузионная технология в полупроводниковом производстве. Планарная технология производства полупроводниковых приборов и интегральных микросхем (ИМС)

Тема 2. Технология толсто пленочных гибридных интегральных схем (ГИС). Методы нанесения и термообработки толстых пленок.

Лекция 2. Подложки толсто пленочных ГИС. Проводящие, резистивные, диэлектрические пасты, их состав, маркировка и методы нанесения. Технологический процесс производства толсто пленочных ГИС. Применение толстых пленок в силовой электронике.

Тема 3. Тонко пленочная технология ГИС. Методы нанесения тонких пленок.

Лекция 3. Тонко пленочные ГИС, материалы подложек, методы нанесения тонко пленочных пассивных элементов. Технологические процессы формирования тонких пленок. Термовакuumное напыление. Катодное распыление. Ионно-плазменное напыление. ВЧ-напыление.

Тема 4. Проектирование и расчет тонко пленочных элементов ГИС (R, C, L).

Лекция 4. Понятие удельного поверхностного сопротивления резистивной пленки. Основные конструкции и методики расчетов тонко пленочных резисторов.

Лекция 5. Основные конструкции и методики расчета тонко пленочных конденсаторов и индуктивностей.

Практическое занятие 1. Методика расчета тонко пленочных резисторов прямоугольной формы.

Практическое занятие 2. Методика расчета тонко пленочных резисторов типа меандр.

Практическое занятие 3. Методика расчета тонко пленочных подстраиваемых резисторов.

Практическое занятие 4. Расчет тонко пленочных конденсаторов. Выбор диэлектрических материалов.

Практическое занятие 5. Расчет тонко пленочных конденсаторов. Расчет геометрии конденсатора.

Практическое занятие 6. Расчет тонко пленочных индуктивностей.

Практическое занятие 7. Расчет размеров подложки и критерии ее выбора.

Практическое занятие 8. Проектирование топологии ГИС и выбор метода напыления тонко пленочных элементов.

Тема 5. Фотолитография. Основы технологии и материалы для фотолитографического процесса.

Лекция 6. Основы технологии фотолитографического процесса, основные операции и технологическая схема. Фоторезисты и их свойства. Разрешающая способность фотолитографии. Разновидности литографии.

Тема 6. Технологические процессы создания полупроводниковых приборов и интегральных микросхем.

Лекция 7. Получение поликристаллического и монокристаллического кремния высокой чистоты. Методы выращивания монокристаллического кремния (метод Чохральского и метод зонной плавки). Механическая обработка монокристаллических слитков абразивами. Резка слитков на пластины. Методы очистки полупроводниковых подложек. Методы разделения полупроводниковых подложек на элементы.

Лекция 8. Эпитаксиальные процессы и их разновидности. Хлоридный метод. Гидридный метод. Гетероэпитаксия кремния на сапфире. Получение пленок диоксида и нитрида кремния. Легирование полупроводников. Диффузия. Ионная имплантация.

Самостоятельная работа студента

Самостоятельная работа студентов состоит в выполнении курсовой работы, а также в подготовке к ее защите.

Примерная тематика курсовых работ

1. Разработка конструкции и технологии тонкопленочной гибридной интегральной схемы (ГИС), выполняемой масочным методом.
2. Разработка конструкции и технологии тонкопленочной ГИС, выполняемой комбинированным методом.
3. Разработка конструкции и технологии тонкопленочной ГИС, выполняемой методом фотолитографии.

Задание на курсовую работу, выдаваемое преподавателем, включает индивидуальную принципиальную электрическую схему электронного устройства (генератора, усилителя, фильтра и т.п.) с известными номиналами элементов, их точностью, мощностью, рабочей частотой. В задании оговаривается рабочая температура, технологические ограничения, метод изготовления элементов ГИС. Студентом осуществляется конструктивный расчет тонкопленочных элементов ГИС, выбор подложки и корпуса, разработка топологии и технологической схемы изготовления. Так же выбирается и обосновывается метод напыления тонкопленочных структур.

В графической части курсовой работы представляется общий сборочный чертеж подложки разработанной микросхемы, дающий представление о взаимном расположении пассивных элементов и активных компонентов ГИС. К сборочному чертежу составляется спецификация.

Промежуточная аттестация по дисциплине экзамен

Изучение дисциплины заканчивается устным экзаменом (в соответствии с УП). Экзамен проводится в соответствии с Положением о зачетной и экзаменационной сессиях в НИУ МЭИ и инструкторским письмом от 14.05.2012 г. № 21-23.

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся разработаны и размещены на кафедральном сайте: конспект лекций по курсу, демонстрационные слайды лекций, описания практических занятий, а также дополнительные теоретические и методические материалы. Доступ к этим материалам возможен с любых компьютеров, подключенных к сети Интернет (адрес сайта <http://www.eimt.ru> или <https://sites.google.com/site/kafeimt>) Указанные материалы находятся в разделе «Учебные дисциплины бакалавриата».

Конспект лекций по дисциплине – <https://sites.google.com/site/kafeimt/bakalavriat/otekb>

Демонстрационные слайды лекций – <https://sites.google.com/site/kafeimt/bakalavriat/otekb>

Методические указания по выполнению курсовой работы – <https://sites.google.com/site/kafeimt/bakalavriat/otekb>

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

6.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования

При освоении дисциплины формируются следующие компетенции:

- ПК-6 — способность разрабатывать проектную и техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы;
- ПК-7 — готовность осуществлять контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам.

Указанные компетенции формируются в соответствии со следующими этапами:

1. Формирование и развитие теоретических знаний, предусмотренных указанными компетенциями (лекционные занятия, самостоятельная работа студентов).
2. Приобретение и развитие практических умений, предусмотренных компетенциями (практические занятия, курсовая работа, самостоятельная работа студентов).
3. Закрепление теоретических знаний, умений и практических навыков, предусмотренных компетенциями, в ходе защиты курсовой работы, а также решения конкретных технических и технологических задач на практических занятиях, успешной сдачи экзамена (*зачета*).

6.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описания шкал оценивания

Сформированность каждой компетенции в рамках освоения данной дисциплины оценивается по трехуровневой шкале:

- *пороговый* уровень является обязательным для всех обучающихся по завершении освоения дисциплины;
- *продвинутый* уровень характеризуется превышением минимальных характеристик сформированности компетенции по завершении освоения дисциплины;
- *эталонный* уровень характеризуется максимально возможной выраженностью компетенции и является важным качественным ориентиром для самосовершенствования.

При достаточном качестве освоения более 80% приведенных знаний, умений и навыков преподаватель оценивает освоение данной компетенции в рамках настоящей дисциплины на эталонном уровне, при освоении более 60% приведенных знаний, умений и навыков — на продвинутом, при освоении более 40% приведенных знаний, умений и навыков — на пороговом уровне. В противном случае компетенция в рамках настоящей дисциплины считается неосвоенной.

Уровень сформированности каждой компетенции на различных этапах ее формирования в процессе освоения данной дисциплины оценивается в ходе текущего контроля успеваемости и представлено различными видами оценочных средств.

Для оценки сформированности в рамках данной дисциплины компетенции **ПК-6 «Способность разрабатывать проектную и техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы»** преподавателем оценивается содержательная сторона и качество материалов, приведенных в отчетах студента по практическим занятиям, пояснительных записках к курсовым работам. Учитываются также ответы студента на вопросы по соответствующим видам занятий при текущем контроле – контрольных опросов на практических занятиях и лекциях.

Принимается во внимание **знание** обучающимися:

- терминологии в области технологии производства электронной компонентной базы, основные понятия и определения;
- физико-технологических основ процессов производства изделий электронной компонентной базы, особенностей проведения отдельных технологических операций и обеспечения технологических режимов;
- методики расчетов тонкопленочных элементов ГИС.

наличие **умения(й)**:

- анализировать технологическую информацию, разрабатывать элементы интегральных схем с требуемыми электрофизическими и конструктивными параметрами;
- производить расчет тонкопленочных пассивных элементов и технологических режимов;
- грамотно выбирать технологические процессы и оборудование, необходимые для решения поставленной задачи.

присутствие **навыков**:

- владения методами расчета тонкопленочных резисторов, конденсаторов и индуктивностей с учетом технологических ограничений;
- владения методами анализа технологических процессов и режимов;
- разработки технологической документации и технических проектов;
- владения техникой оформления конструкторских работ.

Критерии оценивания уровня сформированности компетенции **ПК-6 «Способность разрабатывать проектную и техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы»** в процессе интерактивного общения на практических занятиях, как формы текущего контроля:

В процессе решения практических задач у доски проверяется полнота и правильность выполненного задания. Если правильно выполнено 41%–59% задания, то это соответствует *пороговому* уровню сформированности компетенции на данном этапе ее формирования; 60%-79% — *продвинутому* уровню; 80%–100% — *эталонному* уровню.

Критерии оценивания уровня сформированности компетенции **ПК-6** в процессе проверки и защиты курсовой работы, как формы текущего контроля:

При проверке расчетно-пояснительной записки к курсовой работе итоговая оценка выставляется с учетом следующих составляющих:

- полнота выполнения задания на КР;
- соблюдение утвержденного графика работы над КР в течение семестра;
- содержание расчетно-пояснительной записки;
- оформление расчетно-пояснительной записки;
- число отправок расчетно-пояснительной записки на доработку;
- ответы на вопросы ведущего преподавателя.

Эталонный уровень освоения компетенции демонстрируют курсовые работы, в которых полно и всесторонне раскрыто теоретическое содержание темы, проведен глубокий анализ технического задания, творчески решены проблемные вопросы, сделаны технически обоснованные предложения. Студент при защите дал аргументированные ответы на все вопросы, проявил творческие способности в понимании и изложении ответов на вопросы, свободно владеет терминологией предметной области. Студент показал свою способность и умение, опираясь на полученные знания самостоятельно решить задачи своей профессиональной деятельности, профессионально излагать научную или техническую информацию, аргументировать и защищать свою точку зрения.

Продвинутый уровень сформированности компетенции демонстрируют КР, в которых содержание изложено на достаточно высоком теоретическом уровне, правильно выполнен расчет, сформулированы выводы и даны технически обоснованные предложения, но студент не проявил творческие способности, а при защите не смог дать правильные ответы на часть вопросов. Студент неуверенно демонстрировал свою способность и умение, опираясь на полученные знания, самостоятельно решить задачи своей профессиональной деятельности, профессионально излагать научно-техническую информацию, аргументировать и защищать свою точку зрения.

Пороговому уровню освоения компетенции соответствуют КР, в которых теоретические вопросы в основном раскрыты, практическая часть не имеет глубокой аналитической обоснованности, выводы в основном правильны, предложения представляют интерес, но недостаточно убедительно аргументированы и не на все вопросы студент при защите дал правильные и убедительные ответы. Студент более нет, чем да демонстрировал свою способность и умение, опираясь на полученные знания решить задачи своей профессиональной деятельности, плохо владеет терминологией в предметной области.

Для оценки сформированности в рамках данной дисциплины компетенции **ПК-7 «Готовность осуществлять контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам»** преподавателем оценивается содержательная сторона и качество материалов, приведенных в расчетах, выполненных на практических занятиях и в пояснительной записке к курсовой работе.

Принимается во внимание наличие **знаний** у обучающихся:

- стандартов, технических условий и требований ЕСКД.
- характеристик и параметров пассивных электронных компонентов ГИС;
- современных технологических процессов, лежащих в основе производства компонентной базы электроники;

Наличие **умений**:

- разрабатывать конструкторскую документацию на гибридные интегральные схемы;
- осуществлять контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации техническим условиям и другим нормативным документам

Присутствие **навыков**:

- разработки технологической документации и технических проектов
- работы с компьютерной техникой и программным обеспечением для разработки конструкторской документации;
- выбора материалов, с заданными электрофизическими параметрами, методов и технологий для их нанесения, соответствующих стандартам или ТУ.

Критерии оценивания уровня сформированности компетенции **ПК-7** в процессе выполнения практических заданий и курсовой работы сформулированы выше (см. стр. 8-9).

Сформированность уровня компетенции не ниже порогового является основанием для допуска обучающегося к промежуточной аттестации по данной дисциплине.

Формой промежуточной аттестации по данной дисциплине является устный экзамен, оцениваемый по принятой в НИУ «МЭИ» четырехбалльной системе: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно» (в соответствии с инструктивным письмом НИУ МЭИ от 14 мая 2012 года № И-23).

Критерии оценивания:

Оценки *«отлично»* заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание материалов изученной дисциплины, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; проявивший творческие способности в понимании, изложении и использовании материалов изученной дисциплины, безупречно ответившему не только на вопросы билета, но и на дополнительные вопросы в рамках рабочей программы дисциплины, правильно выполнившему практические задание

Оценки *«хорошо»* заслуживает студент, обнаруживший полное знание материала изученной дисциплины, успешно выполняющий предусмотренные задания, усвоивший основную литературой, рекомендованную рабочей программой дисциплины; показавшему систематический характер знаний по дисциплине, ответившему на все вопросы билета, правильно выполнившему практические задание, но допустившему при этом непринципиальные ошибки.

Оценки *«удовлетворительно»* заслуживает студент, обнаруживший знание материала изученной дисциплины в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющийся с выполнением заданий, знакомы с основной литературой, рекомендованную рабочей программой дисциплины; допустившим погрешность в ответе на теоретические вопросы и/или при выполнении практических заданий, но обладающий необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя, либо неправильно выполнившему практическое задание, но по указанию преподавателя выполнившим другие практические задания из того же раздела дисциплины.

Оценка *«неудовлетворительно»* выставляется студенту, обнаружившему серьезные пробелы в знаниях основного материала изученной дисциплины, допустившему принципиальные ошибки в выполнении заданий, не ответившему на все вопросы билета и дополнительные вопросы и неправильно выполнившему практическое задание (неправильное выполнение только практического задания не является однозначной причиной для выставления оценки «неудовлетворительно»). Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение по образовательной программе без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине (формирования и развития компетенций, закреплённых за данной дисциплиной). Оценка «неудовлетворительно» выставляется также, если студент после начала экзамена отказался его сдавать или нарушил правила сдачи экзамена (списывал, подсказывал, обманом пытался получить более высокую оценку и т.д.)

В зачетную книжку студента и выписку к диплому выносятся оценка экзамена по дисциплине за 6 семестр.

6.3 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

6.3.1 Вопросы по формированию и развитию теоретических знаний, предусмотренных компетенциями, закреплёнными за дисциплиной.

Вопросы по лекционному материалу:

1. Определение технологии, технологического процесса.
2. Что такое технологический режим, его основные характеристики.
3. На какие основные группы делятся технологические операции?
4. Толсто пленочная технология: толщина пленок, технологический цикл формирования толсто пленочных структур.
5. Каковы особенности процесса вжигания различных паст?
6. Резистивные и проводящие пасты, их состав.

7. Какие разновидности диэлектрических паст существуют, особенности их состава.
8. Каким образом оптимизировать процесс вжигания различных паст при производстве толсто пленочных ГИС.
9. Каковы основные отличия тонкопленочной технологии?
10. Какие методы формирования тонкопленочных элементов существуют? Привести характеристики и особенности каждого метода.
11. Какие методы напыления тонких пленок существуют?
12. Характеристики и особенности термовакуумного напыления.
13. Характеристики и особенности катодного распыления.
14. Характеристики и особенности ионно-плазменного напыления.
15. Характеристики и особенности высокочастотного напыления.
16. Какие разновидности тонкопленочных резисторов существуют?
17. Что такое коэффициент формы (Кф) тонкопленочного резистора.
18. Подстраиваемые тонкопленочные резисторы и методы подстройки их номинала.
19. Способы монтажа активных компонентов тонкопленочных ГИС.
20. Что такое «монолитная» (твердотельная) технология производства интегральных схем (ИС). В чем состоит ее отличие от гибридной?
21. Как получают поликристаллический кремний требуемой чистоты?
22. Какие проблемы существуют при получении монокристаллических полупроводниковых материалов?
23. Перечислить и охарактеризовать основные методы выращивания монокристаллического кремния.
24. Методы ориентации полупроводниковых слитков.
25. В чем заключаются особенности механической обработки полупроводников?
26. Методы резки слитков на пластины. Шлифовка п/п подложек. Основные этапы и режимы. Полировка. Основные этапы и режимы. Контроль качества механической обработки. Методы разделения пластин на отдельные элементы.
27. Фотолитография. Основные этапы фотолитографического процесса. Разрешающая способность фотолитографического процесса, факторы, влияющие на разрешение.
28. Законы диффузии. Легирование полупроводников методом направленной диффузии. Ионная имплантация.
29. Эпитаксия. Характерные особенности процесса. Три группы процессов эпитаксии.
30. Изложить сущность и особенности хлоридного и гидридного методов эпитаксии.

6.3.2 Вопросы по приобретению и развитию практических умений, предусмотренных компетенциями, закрепленными за дисциплиной.

Вопросы к практическим занятиям:

1. Что такое коэффициент формы и его место в расчетах тонкопленочных резисторов.
2. Что такое допустимая погрешность коэффициента формы?
3. Понятие удельного сопротивления квадрата резистивной пленки, определение его оптимального значения.
4. Каковы основные критерии выбора резистивного материала?
5. В каких случаях необходимо использовать резистивные материалы с различным удельным сопротивлением?
6. Особенности расчетов тонкопленочных резисторов различных конструкций.
7. Методики расчетов тонкопленочных резисторов.
8. Особенности расчетов тонкопленочных резисторов высокой точности и методы подгонки их номинала.

9. Технологическая схема установки для термовакуумного напыления, виды испарителей.
10. Схема установки для ионно-плазменного напыления, достоинства метода.
11. Схема установки для ВЧ-напыления, особенности метода, области применения.
12. Определение допустимой толщины диэлектрика и удельной емкости тонкопленочного конденсатора.
13. Методика расчета тонкопленочных конденсаторов.
14. Методика расчета тонкопленочных конденсаторов высокой точности и методы подгонки номинала.
15. Особенности и методика расчета тонкопленочных индуктивностей.
16. Каковы критерии выбора подложки и корпуса ГИС?
17. Что такое топологическая схема ГИС, особенности ее проектирования.
18. Методы установки и монтажа навесных элементов и компонентов ГИС.
19. Требования к оформлению сборочного чертежа ГИС.

Типовые задачи

<p>Дано: $R1=1кОм, 20\%, 10 мВт$ $R2=3кОм, 20\%, 7 мВт$ $R3=620Ом, 15\%, 14 мВт$ $R4=6,2кОм, 20\%, 3 мВт$ $R5=30кОм, 20\%, 2 мВт$ $R6=100кОм, 20\%, 1 мВт$</p>	<ol style="list-style-type: none">1. Рассчитать оптимальное удельное сопротивление квадрата резистивной пленки для всех резисторов и выбрать резистивный материал.2. Определить Кф для всех резисторов. Проанализировать полученные значения Кф.
<p>Дано: $R1=510Ом, 15\%, 15 мВт$ $R2=1,3кОм, 15\%, 8 мВт$ $R3=2,5кОм, 5 мВт$ $R4=20кОм, 2 мВт$ $R5=7,5кОм, 4 мВт$</p>	<ol style="list-style-type: none">1. Рассчитать оптимальное удельное сопротивление квадрата резистивной пленки для всех резисторов и выбрать резистивный материал.2. Определить Кф для всех резисторов. Оценить запас по точности для каждого R.
<p>Дано: $R1=510Ом, 15\%, 10 мВт$ $R2=1,3кОм, 15\%, 5 мВт$ $R3=25кОм, 20\%, 1 мВт$ $R4=20кОм, 20\%, 2 мВт$ $R5=75кОм, 20\%, 1 мВт$ $R6=200Ом, 20\%, 20 мВт$ $R7=910Ом, 20\%, 8 мВт$</p>	<ol style="list-style-type: none">1. Рассчитать оптимальное удельное сопротивление квадрата резистивной пленки для двух групп резисторов (низкоомных, высокоомных) и выбрать резистивные материалы.2. Определить для резисторов обеих групп Кф, запас по точности и их геометрические размеры.

<p>Дано: $R1=240\text{Ом}, 10\%, 15\text{Вт}$ $R2=1,1\text{кОм}, 10\%, 8\text{Вт}$ $R3=2,5\text{кОм}, 8\%, 5\text{ мВт}$ $R4=5\text{кОм}, 2\text{Вт}$ $R5=7,5\text{кОм}, 8\%, 1\text{Вт}$ Материал резисторов РС 3710</p>	<ol style="list-style-type: none">1. Рассчитать запас по точности резисторов, определить их геометрические размеры для подгонки номинала с использованием лазерного метода.2. Рассчитать размеры и конструкцию резистора с секциями подгонки.
<p>Дано: $C1=100\text{нФ}, 15\%, 15\text{В}$ $C2=150\text{нФ}, 15\%, 15\text{В}$ $C3=200\text{нФ}, 15\%, 15\text{В}$ $C4=240\text{нФ}, 18\%, 15\text{В}$ $C5=510\text{нФ}, 18\%, 15\text{В}$</p>	<ol style="list-style-type: none">1. Рассчитать удельную емкость и выбрать материал диэлектрика конденсаторов.2. Рассчитать геометрические размеры обкладок и диэлектрика конденсаторов
<p>Дано: $C1=1000\text{нФ}, 15\%, 25\text{В}$ $C2=10\text{нФ}, 15\%, 25\text{В}$ $C3=20\text{нФ}, 15\%, 25\text{В}$ $C4=15\text{нФ}, 18\%, 25\text{В}$ $C5=1500\text{нФ}, 18\%, 25\text{В}$</p>	<ol style="list-style-type: none">1. Рассчитать удельную емкость и выбрать материал диэлектрика конденсаторов. Выбрать конструкции конденсаторов в зависимости от номиналов.2. Рассчитать геометрические размеры тонкопленочных конденсаторов для обеих конструкций.
<p>Дано: $C1=20\text{нФ}, 15\%, 25\text{В}$ $C2=10\text{нФ}, 15\%, 25\text{В}$ $L1=20\text{нФ}, 15\%$ $L2=15\text{нФ}, 18\%$</p>	<ol style="list-style-type: none">1. Рассчитать геометрические размеры и выбрать конструкцию элементов колебательных контуров $L1C1$ и $L2C2$.2. Рассчитать площадь, занимаемую каждым контуром.

Вопросы к экзамену

1. Технология производства гибридных интегральных схем (ГИС). Толстопленочные ГИС. Тонкопленочные ГИС. Пассивные элементы и активные компоненты пленочных ИС.
2. Методы и технология формирования пассивных элементов толстопленочных ГИС.
3. Методы и технология формирования пассивных элементов тонкопленочных ГИС.

4. Основные технологические процессы напыления тонкопленочных структур. Термовакuumное напыление. Катодное распыление. Ионно-плазменное напыление. Высокочастотное напыление.
5. Технологические процессы создания полупроводниковых приборов и ИС. Материалы полупроводниковой электроники.
6. Выращивание монокристаллических слитков. Метод Чохральского. Метод зонной плавки.
7. Ориентация полупроводников. Индексы Миллера. Рентгеновский метод ориентации. Оптический метод ориентации.
8. Механическая обработка полупроводников. Физическая сущность обработки свободным и связанным абразивом. Основные абразивные материалы. Резка слитков на пластины алмазным диском с внутренней режущей кромкой.
9. Резка полупроводниковых пластин на элементы алмазным диском, полотнами и проволокой. Алмазное скрайбирование. Лазерное скрайбирование. Электронно-лучевое скрайбирование. Разламывание пластин после скрайбирования.
10. Шлифовка п/п подложек. Основные этапы и режимы. Полировка. Основные этапы и режимы. Контроль качества механической обработки.
11. Источники загрязнения подложек и методы их очистки. Жидкостная очистка подложек. Сухая очистка подложек.
12. Эпитаксия. Характерные особенности процесса. Три группы процессов эпитаксии.
13. Газофазная эпитаксия. Основные химические реакции.
14. Типичный процесс эпитаксиального наращивания хлоридным методом. Схема установки для эпитаксиального наращивания хлоридным методом
15. Перераспределение примеси при эпитаксиальном наращивании. Снижение температуры процесса. Гетероэпитаксия кремния на сапфире.
16. Фотолитография. Основные этапы фотолитографического процесса. Разрешающая способность фотолитографического процесса. Факторы, влияющие на нее.
17. Разрешающая способность фотолитографического процесса. Факторы, влияющие на нее.
18. Фоторезисты. Основные свойства фоторезистов. Нанесение фоторезистов.
19. Фотошаблоны. Оптический метод изготовления фотошаблонов. Фотонаборный метод изготовления фотошаблонов.
20. Разновидности методов литографии. Рентгенолитография. Электронолитография.
21. Технологическая схема типового процесса производства монокристаллических ИС по эпитаксиально-планарной технологии.
22. Диффузия. Законы диффузии. Легирование полупроводников методом направленной диффузии.
23. Ионная имплантация.
24. Эпитаксия, разновидности эпитаксиальных процессов.
25. Хлоридный и гидридный методы эпитаксии.
26. Гетероэпитаксия кремния на сапфире.

Примерная тематика курсовых работ

1. Разработка конструкции и технологии тонкопленочной гибридной интегральной схемы (ГИС), выполняемой масочным методом.
2. Разработка конструкции и технологии тонкопленочной ГИС, выполняемой комбинированным методом.
3. Разработка конструкции и технологии тонкопленочной ГИС, выполняемой методом фотолитографии.

Задание на курсовую работу, выдаваемое преподавателем, включает индивидуальную принципиальную электрическую схему электронного устройства (генератора, усилителя, фильтра и т.п.) с известными номиналами элементов, их точностью, мощностью, рабочей частотой. В задании оговаривается рабочая температура, технологические ограничения, метод изготовления элементов ГИС. Студентом осуществляется конструктивный расчет тонкопленочных элементов ГИС, выбор подложки и корпуса, разработка топологии и технологической схемы изготовления. Так же выбирается и обосновывается метод напыления тонкопленочных структур.

В графической части курсовой работы представляется общий сборочный чертеж подложки разработанной микросхемы, дающий представление о взаимном расположении пассивных элементов и активных компонентов ГИС. К сборочному чертежу составляется спецификация.

6.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Процедуры оценивания знаний, умений, навыков, характеризующих этапы формирования компетенций, изложены в методических рекомендациях по выполнению практических занятий и курсовой работы, выполнению индивидуальных расчетных заданий и заданий на самостоятельную работу, подготовке, оформлению и защите курсовых проектов (работ), подготовке и проведению зачетов и экзаменов.

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

а) основная литература

1. Коледов Л.А. Технология и конструкция микросхем, микропроцессоров и микросборок [Электронный ресурс]: учебное пособие. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2009. — 400 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=192 — Загл. с экрана. (кроме того, 5 экз. в библиотеке)
2. Барыбин А.А. Физико-технологические основы макро-, микро, и наноэлектроники [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.А. Барыбин, В.И. Томилин, В.И. Шаповалов. — Электрон. дан. — М. : Физматлит, 2011. — 781 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=59756 — Загл. с экрана.
3. Фролков О.А. Проектирование гибридных интегральных схем: методические указания к курсовому проектированию по дисциплине «Основы технологии электронной компонентной базы»: - темплан издания филиала ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске, 2015 г.

б) дополнительная литература

1. Юрков Н.К. Технология производства электронных средств [Электронный ресурс] : учебник. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2014. — 475 с. — Режим доступа: URL http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=41019 (кроме того, 2 экз. в библиотеке)
2. Компоненты и технологии. [Электронный ресурс] - Электрон. текстовые дан. 2011-2015. - Режим доступа: URL <http://elibrary.ru/issues.asp?id=9938>
3. Электроника: наука, технология, бизнес [Электронный ресурс] - Электрон. текстовые дан. 2012-2015. - Режим доступа: URL <http://elibrary.ru/issues.asp?id=9884>

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» необходимых для освоения дисциплины

1. Раздел «Учебные дисциплины бакалавриата» сетевого образовательного ресурса кафедры ЭиМТ, содержащий учебные и методические материалы. Адрес сайта <http://www.eimt.ru> или <https://sites.google.com/site/kafeimt>. Сайт зарегистрирован в каталоге электронных образовательных ресурсов НИУ «МЭИ», регистрационный номер 1451 (<http://ctl.mpei.ru/RDsc.aspx?p=1451>)

2. Электронные ресурсы библиотек:

Национальные отечественные и зарубежные библиотеки

1. Российская государственная библиотека <http://www.rsl.ru>
2. Российская национальная библиотека <http://www.nlr.ru>
3. Всероссийская государственная библиотека иностранной литературы им. М.И.Рудомино <http://www.libfl.ru>
4. Библиотека Академии Наук <http://www.rasl.ru>
5. Библиотека РАН по естественным наукам <http://www.benran.ru>
6. Государственная публичная научно-техническая библиотека <http://www.gpntb.ru>
7. Государственная публичная научно-техническая библиотека Сибирского отделения РАН <http://www.spsl.nsc.ru/>
8. Центральная научная библиотека Дальневосточного отделения РАН <http://lib.febras.ru>
9. Центральная научная библиотека Уральского отделения РАН <http://www.uran.ru>
10. Библиотека Конгресса <http://www.loc.gov/index.html>
11. Британская национальная библиотека <http://www.bl.uk>
12. Французская национальная библиотека <http://www.bnf.fr>
13. Немецкая национальная библиотека <http://www.ddb.de>
14. Библиотечная сеть учреждений науки и образования RUSLANet <http://www.ruslan.ru:8001/rus/rcls/resources>
15. Центральная городская универсальная библиотека им. В.Маяковского <http://www.pl.spb.ru>
16. Научная библиотека им. М.Горького Санкт-Петербургского Государственного университета (СПбГУ) <http://www.lib.pu.ru>
17. Фундаментальная библиотека Санкт-Петербургского Государственного Политехнического университета (СПбГПУ) <http://www.unilib.neva.ru/rus/lib/>

(электронные учебники в свободном доступе – не из ЭБС филиала, профильные сайты и т.п.)

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Дисциплина предусматривает лекции раз в две недели, практические занятия раз в две недели. Изучение курса завершается экзаменом.

Успешное изучение курса требует посещения лекций, активной работы на практических занятиях, выполнения курсовой работы с соблюдением графика, выполнения всех учебных заданий преподавателя, ознакомления с основной и дополнительной литературой.

Во время лекции студент должен вести краткий конспект.

Работа с конспектом лекций предполагает просмотр конспекта в тот же день после занятий. При этом необходимо пометить материалы конспекта, которые вызывают затруднения для понимания. При этом обучающийся должен стараться найти ответы на затруднительные вопросы, используя рекомендуемую литературу. Если ему самостоятельно не удалось разобраться в материале, необходимо сформулировать вопросы и обратиться за помощью к преподавателю на консультации или ближайшей лекции.

Обучающемуся необходимо регулярно отводить время для повторения пройденного материала, проверяя свои знания, умения и навыки по контрольным вопросам.

Практические (семинарские) занятия составляют важную часть профессиональной подготовки студентов. Основная цель проведения практических (семинарских) занятий - формирование у студентов аналитического, творческого мышления путем приобретения практических навыков.

Практические (семинарские) занятия выполняют следующие задачи:

- стимулируют регулярное изучение рекомендуемой литературы, а также внимательное отношение к лекционному курсу;
- закрепляют знания, полученные в процессе лекционного обучения и самостоятельной работы над литературой;
- расширяют объём профессионально значимых знаний, умений, навыков;
- позволяют проверить правильность ранее полученных знаний;
- прививают навыки самостоятельного мышления, устного выступления;
- способствуют свободному оперированию терминологией;
- предоставляют преподавателю возможность систематически контролировать уровень самостоятельной работы студентов.

При подготовке к **практическим занятиям** необходимо просмотреть конспекты лекций и методические указания, рекомендованную литературу по данной теме; подготовиться к ответу на контрольные вопросы.

В ходе выполнения индивидуального задания практического занятия студент готовит отчет о работе (в программе *MS Word* или любом другом текстовом редакторе). В отчет заносятся результаты выполнения каждого пункта задания (схемы, диаграммы (графики), таблицы, расчеты, ответы на вопросы пунктов задания, выводы и т.п.). Примерный образец оформления отчета имеется у преподавателя (*либо прилагается к настоящей программе*).

За 10 мин до окончания занятия преподаватель проверяет объём выполненной на занятии работы и отмечает результат в рабочем журнале.

Оставшиеся невыполненными пункты задания практического занятия студент обязан доделать самостоятельно.

После проверки отчета преподаватель может проводить устный или письменный опрос студентов для контроля усвоения ими основных теоретических и практических знаний по теме занятия (студенты должны знать смысл полученных ими результатов и ответы на контрольные вопросы). По результатам проверки отчета и опроса выставляется оценка за практическое занятие.

При подготовке к **экзамену** в дополнение к изучению конспектов лекций, учебных пособий и слайдов, необходимо пользоваться учебной литературой, рекомендованной к настоящей программе. При подготовке к экзамену нужно изучить теорию: определения всех понятий и подходы к оцениванию до состояния понимания материала и самостоятельно решить по несколько типовых задач из каждой темы. При решении задач всегда необходимо уметь качественно интерпретировать итог решения.

При подготовке к экзамену необходимо изучить теорию: определения всех понятий и подходы к оцениванию до состояния понимания материала и самостоятельно решить по несколько типовых задач из каждой темы. При решении задач всегда необходимо уметь качественно интерпретировать итог решения.

Самостоятельная работа студентов (СРС) по дисциплине играет важную роль в ходе всего учебного процесса. Методические материалы и рекомендации для обеспечения СРС готовятся преподавателем и выдаются студенту.

Необходимо понимать, что к современному специалисту общество предъявляет достаточно широкий перечень требований, среди которых немаловажное значение имеет наличие у выпускников определенных способностей и умения самостоятельно добывать знания из различных источников, систематизировать полученную информацию, давать оценку конкретной ситуации. Формирование такого умения происходит в течение всего периода обучения через участие студентов в лекционных и практических занятиях, при выполнении расчетных заданий. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса. В современных условиях именно самостоятельная работа с учебно-методическими материалами, учебной и научной литературой, иной информацией, в том числе из сети Интернет, является основной формой обучения.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

При проведении **лекционных** занятий предусматривается использование слайд-проектора для демонстрации предварительно подготовленных слайдов в формате PDF. Для показа слайдов в формате PDF используется свободно распространяемый и не требующий лицензирования программный продукт Adobe Reader.

При проведении **практических** занятий предполагается использование ПЭВМ и свободно распространяемой демонстрационной версии программы схемотехнического моделирования Micro-Cap 9 Demo.

Во время **самостоятельной работы** и **подготовке к экзамену** студенты могут пользоваться учебной и методической литературой, размещенной на кафедральном сайте.

Для **консультирования** по непонятным вопросам курса лекций, практических и лабораторных работ студенты используются средства электронной почты.

Перечень лицензионного программного обеспечения:

1. Операционная система MS Windows;
2. Текстовый редактор MS Word.

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Лекционные занятия:

Аудитория, оснащенная презентационной мультимедийной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

Практические занятия:

Компьютерный класс, оснащенный презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) для преподавателя и ПЭВМ для каждого студента.

Автор, ст. преподаватель

О.А. Фролков

Зав. кафедрой, д.т.н., доцент

И.В. Якименко

Программа утверждена на заседании кафедры ЭИМТ филиала МЭИ в г. Смоленске от 14.05.2015 года, протокол №9.