МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. УТКИНА»

КАФЕДРА МИКРО- И НАНОЭЛЕКТРОНИКИ

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Б1.В.10 «КОНСТРУИРОВАНИЕ МИКРО- И НАНОСИСТЕМ»

Направление подготовки – 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника»

Направленность (профиль) подготовки «Микро- и наноэлектроника»

Квалификация выпускника – бакалавр

Форма обучения – очная

Рязань, 2026

1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования

В соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки бакалавров 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника» при освоении дисциплины формируются следующие компетенции: ПК-1, ПК-4, ПК-5.

Указанные компетенции формируются в соответствии со следующими этапами:

1) формирование и развитие теоретических знаний, предусмотренных указанными компетенциями (лекционные практические и лабораторные занятия, самостоятельная работа студентов, курсовое проектирование);

2) приобретение и развитие практических умений предусмотренных компетенциями (лабораторные работы, самостоятельная работа студентов, курсовое проектирование);

3) закрепление теоретических знаний, умений и практических навыков, предусмотренных компетенциями, в ходе выполнения конкретных заданий на лабораторных работах и их защитах, ответов на тестовые задания (текущий контроль), защита курсового проекта, а также в процессе подготовки и сдачи отчетов по самостоятельной работе и экзамена (промежуточный контроль).

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

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

1) пороговый уровень является обязательным для всех обучающихся по завершении освоения дисциплины;

2) продвинутый уровень характеризуется превышением минимальных характеристик сформированности компетенций по завершении освоения дисциплины;

3) эталонный уровень характеризуется максимально возможной выраженностью компетенций 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. При освоении менее 40% приведенных знаний, умений и навыков 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.

Оценке сформированности в рамках данной дисциплины подлежат перечисленные ниже компетенции.

ПК-1 - Способен строить физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования и проводить анализ результатов;

ПК-4 - Способен разрабатывать принципиальные электрические схемы отдельных аналоговых блоков и всего аналогового СФ-блока;

ПК-5 - Способен разрабатывать технологические маршруты и изготовления пассивной части и трассировки коммутационных плат изделий "система в корпусе".

Преподавателем оценивается содержательная сторона и качество материалов, приведенных в отчетах студента по курсовому проекту, самостоятельной и лабораторным работам. Кроме того, преподавателем учитываются ответы студента на вопросы по соответствующим видам занятий при текущем контроле:

- контрольные опросы и тестирование;
- допуски и защиты лабораторных работ;
- защита курсового проекта.

Критерии оценивания уровня сформированности компетенций ПК-1, ПК-4, в процессе выполнения и защиты отчетов по самостоятельной и лабораторным работам:

- 41%-60% правильных ответов соответствует пороговому уровню сформированности компетенции на данном этапе ее формирования;
- 61%-80% правильных ответов соответствует продвинутому уровню сформированности компетенции на данном этапе ее формирования;
- 81%-100% правильных ответов соответствует эталонному уровню сформированности компетенции на данном этапе ее формирования.

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

Формой промежуточной аттестации по данной дисциплине является экзамен, оцениваемый по принятой в ФГБОУ ВО «РГРТУ» четырехбалльной системе: «неудовлетворительно», «удовлетворительно», «хорошо» и «отлично».

Критерии оценивания промежуточной аттестации представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Критерии оценивания промежуточной аттестации

Шкала оценивания	Критерии оценивания
«отлично»	**студент должен**: продемонстрировать глубокое и прочное усвоение знаний материала; исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно изложить теоретический материал; правильно формулировать определения; уметь сделать выводы по излагаемому материалу; безупречно ответить не только на вопросы билета, но и на дополнительные вопросы в рамках рабочей программы дисциплины; продемонстрировать умение правильно выполнять практические задания, предусмотренные программой;
«хорошо»	**студент должен:** продемонстрировать достаточно полное знание материала; продемонстрировать знание основных теоретических понятий; достаточно последовательно, грамотно и логически стройно излагать материал; уметь сделать достаточно обоснованные выводы по излагаемому материалу; ответить на все вопросы билета; продемонстрировать умение правильно выполнять практические задания, предусмотренные программой, при этом возможно допустить непринципиальные ошибки.
«удовлетворительно»	**студент должен:** продемонстрировать общее знание изучаемого материала; знать основную рекомендуемую программой дисциплины учебную литературу; уметь строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса; показать общее владение понятийным аппаратом дисциплины; уметь устранить допущенные погрешности в ответе на теоретические вопросы и/или при выполнении практических заданий под руководством преподавателя, либо (при неправильном выполнении практического задания) по указанию преподавателя выполнить другие практические задания того же раздела дисциплины.
«неудовлетворительно»	**ставится в случае:** незнания значительной части программного материала; не владения понятийным аппаратом дисциплины; существенных ошибок при изложении учебного материала; неумения строить ответ в соответствии со структурой

	излагаемого вопроса; неумения делать выводы по излагаемому материалу. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение по образовательной программе без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине (формирования и развития компетенций, закрепленных 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.).

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

Типовые задания в рамках самостоятельной работы студентов для укрепления теоретических знаний, развития умений и навыков, предусмотренных компетенциями, закрепленными за дисциплиной.

- Применение проводниковых материалов в электронной технике.
- Углеродные нанокомпозиционные материалы.
- Физическая природа сверхпроводимости, образование куперовских пар.
- Стационарный и нестационарный эффекты Джозефсона.
- Реальные и возможные применения сверхпроводников.
- Интеллектуальные и адаптивные материалы.
- Пьезоэлектрические материалы.
- Нанокомпозиционные диэлектрики.
- Сильномагнитные материалы со специальными свойствами.

Примеры **заданий** и **контрольных вопросов** к лабораторным работам, выполняемым для приобретения и развития знаний и практических умений, предусмотренных компетенциями.

Лабораторная работа № 3

Расчет топологии тонкопленочного резистора

Последовательность выполнения работы

1. Изучите теоретическую часть работы.
2. Получите задание в виде принципиальной схемы у преподавателя.
3. Согласно принципиальной схеме проведите расчеты мощностей, выделяемых на резисторах.
4. Выберите материал резистивной пленки и контактных площадок.
5. Рассчитайте конструкции всех резисторов.
6. Сделайте проверку расчетов.
7. Определите суммарную площадь, занимаемую всеми резисторами.

Контрольные вопросы к лабораторной работе № 3

1. Что такое гибридная интегральная схема?
2. Назовите требования, предъявляемые к материалам резистивных пленок.
3. Назовите основные материалы резистивных пленок ГИМС.
4. Назовите требования, предъявляемые к материалам контактных площадок.
5. Назовите основные материалы контактных площадок ГИМС.
6. Какие конструкции бывают у тонкопленочных резисторов?
7. Что такое коэффициент формы тонкопленочного резистора?
8. Порядок расчета резистора с коэффициентом формы от 1 до 10.
9. Порядок расчета резистора с коэффициентом формы от 0,1 до 1.
10. Порядок расчета резистора с коэффициентом формы больше 10.
11. Расскажите о подстраиваемых резисторах.
12. Способы подгонки номинала резистора.

Полный перечень **заданий** и **вопросов** к лабораторным работам, выполняемым для приобретения и развития знаний и практических умений, предусмотренных компетенциями, приведен в соответствующих методических указаниях.

1. Рыбин Н.Б., Рыбина Н.В. Конструирование микро- и наносистем. Методические указания к лабораторным работам. Рязан. гос. радиотехн. ун-т; Рязань, 2017. 16 с.

2. Коледов Л.А. Технология и конструкции микросхем, микропроцессоров и микросборок. Москва "Радио и связь" 1989 г., 393 с.

3. Жигальский А.А. Проектирование и конструирование микросхем. 2007. 195 с.

4. Введение в процессы интегральных микро- и нанотехнологий: Учебное пособие для вузов: в 2 т. Т.1: Физико-химические основы технологии микроэлектроники / Чистяков Ю.Д., Райнова Ю.П. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010 г. 392 с.

Список **типовых контрольных вопросов** для оценки уровня сформированности знаний, умений и навыков, предусмотренных компетенциями, закрепленными за дисциплиной.

1. Назовите основные этапы проектирования, операции и процедуры.
2. Назовите разновидности структур и топологии диффузионных резисторов.
3. Расскажите о методах расчета и проектирования резисторов.
4. Конденсаторы на основе барьерной емкости p-n переходов.
5. Расскажите о структуре и топологии дискретных выпрямительных диодов.
6. Приведите математическую модель и эквивалентную схему диода.
7. Проектирование и разработка топологии транзисторов.
8. Проектирование и конструирование полевых транзисторов с управляющим p-n переходом.
9. Классификация ИМС и тенденции их развития.
10. Расскажите о методах формирования конфигураций элементов тонкопленочных ГИМС.
11. Назовите компоненты ГИМС.
12. Приведите пример технологических ограничений при проектировании тонкопленочных ГИМС.
13. Назовите основные этапы расчета конструкций элементов тонкопленочных ГИМС.
14. Особенности разработки топологии тонкопленочных ГИМС.
15. Назовите основные технологические операции изготовления толстопленочных ГИМС.
16. Расскажите о методах получения наноструктур и наносистем.
17. Методы получения полупроводниковых гетероструктур.
18. Расскажите о сборке наносистем с помощью сканирующего зондового микроскопа.
19. Сборка с помощью наномашин.
20. Расскажите о самосборке электронных микросхем.

Типовые тестовые задания для укрепления и проверки теоретических знаний, развития умений и навыков, предусмотренных компетенциями, закрепленными за дисциплиной.

1. В гибридных интегральных схемах обычно:

а) активные и пассивные элементы выполняют в пленочном виде;

б) активные элементы выполняют в пленочном виде, пассивные – в виде навесных компонентов;

в) пассивные элементы выполняют в пленочном виде, активные – в виде навесных компонентов;

г) активные и пассивные элементы выполняют в виде навесных компонентов, в пленочном виде выполняются соединительные дорожки.

2. Величина диэлектрической проницаемости подложки должна быть:

а) как можно ниже;

б) как можно выше;
в) любая, значение имеет только удельное сопротивление;
г) любая, значение имеет только удельная теплопроводность.

3. В тонкопленочной технологии ГИМС толщина пленок лежит в диапазоне:
а) более 50 мкм;
б) от 10 до 50 мкм;
в) от 1 до 10 мкм;
г) менее 1 мкм.

4. Сопротивление тонкопленочного резистора определяется:
а) коэффициентом формы;
б) удельным поверхностным сопротивлением материала пленки;
в) удельным объемным сопротивлением материала пленки;
г) удельным поверхностным сопротивлением материала пленки и коэффициентом формы.

5. Коэффициент формы резистора определяется:
а) Кф = l / b, где l – длина, а b – ширина резистора;
б) Кф = b / l, где b – длина, а l – ширина резистора;
в) Кф = l • b, где l – длина, а b – ширина резистора;
г) Кф = (l + b) / l, где l – длина, а b – ширина резистора.

6. Если Кф < 0,1:
а) резистор выполняют в виде составного, змейки или меандра;
б) резистор выполняют прямоугольным с длиной больше ширины;
в) резистор выполняют прямоугольным с шириной больше длины;
г) такой резистор выполнять не рекомендуется.

7. Если 0,1 < Кф < 1 сначала рссчитывают:
а) длину резистора;
б) длину средней линии резистора;
в) ширину резистора;
г) площадь резистора.

8. Сопротивление П-образных изгибов R_и в резисторе типа «меандр» равно:
а) Rи = 4 • ρS;
б) Rи = 2,55 • ρS;
в) Rи = 4,55 • ρS;
г) Rи = 2 • ρS.

9. Обычно материал диэлектрика тонкопленочного конденсатора должен иметь:
а) большую диэлектрическую проницаемость и большую пробивную прочность;
б) малую диэлектрическую проницаемость и большую пробивную прочность;
в) большую диэлектрическую проницаемость и малую пробивную прочность;
г) малую диэлектрическую проницаемость и малую пробивную прочность.

10. Емкость тонкопленочного конденсатора определяется:
а) площадью диэлектрика;
б) площадью нижней обкладки;
в) площадью верхней обкладки;
г) площадью верхней обкладки и толщиной диэлектрика.

11. Конденсатор площадью от 1 до 5 мм2 выполняют в виде:
а) двух пересекающихся полосок;
б) двух последовательно соединенных конденсаторов;
в) двух параллельно соединенных конденсаторов;
г) обкладок, расположенных с разных сторон подложки.

12. Диэлектрик конденсатора должен иметь толщину:
а) менее 0,1 мкм;
б) от 0,1 до 1 мкм;
в) от 1 до 10 мкм;
г) в зависимости от емкости конденсатора так, чтобы его площадь лежала в диапазоне от 1 до 200 мм2.

13. Краевой эффект возникает:
а) из-за протекания через конденсатор токов утечки;
б) из-за распространения электрического поля за пределы верхней обкладки;
в) из-за замедленных механизмов поляризации в диэлектрике;
г) из-за большого количества дефектов на краях обкладок.

14. В масочной технологии ГИМС первым напыляют:
а) резистивный материал;
б) проводящие дорожки;
в) контактные площадки;
г) материал нижних обкладок конденсаторов.

15. Навесные компоненты с проволочными выводанми могут устанавливаться:
а) на резисторы;
б) на проводящие дорожки;
в) на резисторы и проводящие дорожки;
г) на резисторы, проводящие дорожки и конденсаторы.

Критерии оценивания решений тестовых задач

Компетенция	Критерий (студент должен)
ПК-1 - Способность строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования. ПК-5 - Готовность выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и	**Пороговый уровень:** Правильные и исчерпывающие ответы более чем на 40% вопросов тестовых заданий.
	Продвинутый уровень: Правильные и исчерпывающие ответы более чем на 60% вопросов тестовых заданий.

устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования. ПК-6 - Способность разрабатывать проектную и техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы.	**Эталонный уровень:** Правильные и исчерпывающие ответы более чем на 80% вопросов тестовых заданий.

Перечень тем курсовых проектов

1 Разработка топологии усилителя типа LM118 в гибридном исполнении
2 Разработка топологии усилителя типа LM4250 в гибридном исполнении
3 Разработка топологии компаратора типа μA710 в гибридном исполнении
4 Разработка топологии схемы типа LM113 в гибридном исполнении
5 Разработка топологии усилителя мощности типа К148УН2 в гибридном исполнении
6 Разработка топологии усилителя мощности типа К174УН5 в гибридном исполнении
7 Разработка топологии усилителя мощности типа К174УН8 в гибридном исполнении
8 Разработка топологии усилителя ПЧ типа К237ХА2 в гибридном исполнении
9 Разработка топологии усилителя типа КР140УД1А в гибридном исполнении
10 Разработка топологии усилителя мощности типа К148УН1 в гибридном исполнении
11 Разработка топологии усилителя мощности типа К174УН7 в гибридном исполнении
12 Разработка топологии УНЧ типа К237УЛ3 в гибридном исполнении
13 Разработка топологии усилителя ПЧ типа К237ХА1 в гибридном исполнении
14 Разработка топологии усилителя ПЧ с детектором типа К237ХА6 в гибридном исполнении
15 Разработка топологии усилителя типа КР544УД1А в гибридном исполнении
16 Разработка топологии компаратора типа Л554СА1 в гибридном исполнении
17 Разработка топологии усилителя типа К574УД1А в гибридном исполнении
18 Разработка топологии усилителя типа 140УД1 в гибридном исполнении
19 Разработка топологии усилителя типа μA709 в гибридном исполнении
20 Разработка топологии усилителя типа μA741 в гибридном исполнении

Критерии оценивания курсовых проектов

Защита курсового проекта организуется и осуществляется, как правило, в форме презентации. Оцениваются при защите курсового проекта следующие критерии:

- умение использовать приобретенные знания и компетенции при выполнении курсового проекта;
- правильность выполнения и аккуратность оформления курсового проекта;
- умение логично и обоснованно выстроить доклад;
- ответы на дополнительные вопросы, заданные во время защиты.

Шкала оценивания	Критерии оценивания
«отлично»	**студент должен**: продемонстрировать глубокое и прочное усвоение знаний материала; исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно изложить материал курсового проекта; уметь сделать выводы по излагаемому материалу; безупречно ответить на вопросы по курсовому проекту;

«хорошо»	**студент должен:** продемонстрировать достаточно полное знание материала; продемонстрировать знание основных теоретических понятий; достаточно последовательно, грамотно и логически стройно излагать материал курсового проекта; уметь сделать достаточно обоснованные выводы по излагаемому материалу; ответить на большинство вопросов при этом возможно допустить непринципиальные ошибки.
«удовлетворительно»	**студент должен:** продемонстрировать общее знание изучаемого материала; показать общее владение понятийным аппаратом дисциплины; внятно изложить материал курсового проекта; уметь устранить допущенные погрешности в ответе на вопросы под руководством преподавателя.
«неудовлетворительно»	**ставится в случае:** незнания значительной части программного материала; не владения понятийным аппаратом дисциплины; существенных ошибок при изложении учебного материала; неумения строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса; неумения делать выводы по излагаемому материалу. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение по образовательной программе без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине (формирования и развития компетенций, закрепленных за данной дисциплиной). Оценка «неудовлетворительно» выставляется также, если студент отказался от защиты курсового проекта.

Фонд оценочных средств входит в состав рабочей программы дисциплины «Конструирование микро- и наносистем» (Б1.3.В.17), направление подготовки – 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника», ОПОП «Микро- и наноэлектроника».

Составил
доцент кафедры
микро- и наноэлектроники Н.Б. Рыбин

Оператор ЭДО ООО "Компания "Тензор"

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

ПОДПИСАНО **ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ,** Литвинов Владимир Георгиевич, Заведующий кафедрой МНЭЛ **03.11.26** 18:24 (MSK) Простая подпись