

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный университет
им. Х.М. Бербекова» (КБГУ)

Институт информатики, электроники и робототехники
Кафедра электроники и информационных тех-
но- **УТВЕРЖДАЮ**

Руководитель образовательной
программы

_____ А.А. Шебзухов

« ____ » _____ 2020 г.

И.о. Директора института

_____ Н.В. Черкесова

« ____ » _____ 2020 г.

логий

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
Б1.В.07. «МАТЕРИАЛЫ И КОМПОНЕНТЫ НАНОЭЛЕКТРОНИКИ»

Направление подготовки
11.03.04 –Электроника и наноэлектроника

Профиль: **Современные информационные технологии в электронике**

Квалификация (степень) выпускника:
Бакалавр

Форма обучения:
Очная

Нальчик 2020

Рабочая программа дисциплины (модуля): Материалы и компоненты наноэлектроники /сост. Гаев Д.С. – Нальчик: КБГУ, 2020 - 24с.

Рабочая программа дисциплины (модуля) предназначена для преподавания дисциплины (модуля) *вариативной* части блока 1 студентам очной формы обучения по направлению подготовки *11.03.04 – Электроника и наноэлектроника*, 6 семестра, 3 курса.

Рабочая программа дисциплины (модуля) составлена с учетом федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 11.03.04 –Электроника и наноэлектроника утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от «12» марта 2015г. за № 218.

Содержание

1. Цели и задачи освоения дисциплины (модуля).....	4
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО.....	4
3. Требования к результатам освоения дисциплины(модуля).....	4
4. Содержание и структура дисциплины (модуля).....	5
4.1. Содержание разделов дисциплины (модуля).....	5
4.2. Структура дисциплины (модуля).....	7
4.3. Лекционные занятия.....	7
4.4. Практические (Семинарские) занятия.....	8
4.5. Лабораторные работы.....	8
1.4.6. Самостоятельное изучение разделов дисциплины.....	8
5. Оценочные материалы для текущего и рубежного контроля успеваемости и промежуточной аттестации.....	9
5.1. Коллоквиум.....	9
5.2. Тесты.....	11
5.3. Задания для лабораторных занятий.....	14
5.4. Промежуточная аттестация.....	15
6. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности.....	18
7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.....	19
8. Программное обеспечение современных информационно-коммуникационных технологий.....	21
9. Материально-техническое обеспечение работы.....	21
Лист изменений (дополнений) в рабочей программе дисциплины (модуля)	24

1. Цели и задачи освоения дисциплины (модуля)

Целями освоения дисциплины (модуля) получение необходимого минимума знаний для будущей профессиональной деятельности бакалавров по направлению подготовки электроника и нанoeлектроника, включающего в себя ознакомление со свойствами и технологией получения наноматериалов, используемых при изготовлении элементов, входящих в состав компонентов нанoeлектроники, и с принципами их работы в конкретных устройствах.

Задачи дисциплины(модуля):

- изучение свойств и технологий получения наноструктурных элементов и наноматериалов, используемых в устройствах микро-, опто- и СВЧ электроники;
- понимание базовых физических принципов, лежащих в основе работы полупроводниковых приборов с нанoelementными структурами;
- ознакомление с тенденциями развития устройств современной нанoeлектроники.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Дисциплина (модуль) материалы и компоненты нанoeлектроники относится вариативной части блока 1 учебного плана по направлению подготовки ВО 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника профиль: «Современные информационные технологии в электронике».

Преподавание дисциплины базируется на знаниях, полученных при изучении дисциплин(модулей): "Математика", "Физика (общая)", «Метрология, стандартизация и технические измерения», «Материалы электронной техники», «Технология материалов и изделий нанoeлектроники», «Сканирующая зондовая микроскопия», «Практика по получению первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности».

Освоение учебной программы дисциплины (модуля) материалы и компоненты нанoeлектроники, необходимы для последующего изучения дисциплин (модулей): «Проектирование и конструирование субмикронных элементов СБИС», «Корпускулярно зондовая нанотехнология», «Измерение параметров и модификация свойств наноматериалов и наноструктур», «Диагностика параметров наноматериалов и наноструктур », а также для выполнения курсовых работ и выпускной квалификационной работы.

3. Требования к результатам освоения дисциплины(модуля)

В соответствии с ФГОС ВО и ОПОП ВО направления подготовки ВО 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника изучение дисциплины (модуля) материалы и компоненты нанoeлектроники направлено на формирование элементов следующих профессиональных компетенций:

- ✓ способностью к самоорганизации и самообразованию (ОК-7);
- ✓ способностью строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования (ПК-1);
- ✓ способностью аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения (ПК-2);

В результате освоения дисциплины студент должен:

Знать:

- основные типы полупроводниковых элементов, используемых в электронной технике;
- основные материалы, используемые в нанoeлектронике, их свойства и характеристики;

- основные физические принципы, лежащие в основе работы современных полупроводниковых приборов на квантовых эффектах;
- тенденции развития современной элементной базы микро-, опто- и СВЧ-электроники при переходе к наноразмерам.

Уметь:

- работать с литературой и осуществлять поиск нужной информации по специальности в интернете и в библиотечных фондах;
- проводить измерения характеристик материалов и параметров наноструктур.

Владеть:

- информацией о современных приложениях материалов нанoeлектроники ;
- навыками экспериментального получения и определения основных параметров материалов и компонентов нанoeлектроники.

4. Содержание и структура дисциплины (модуля)

4.1. Содержание разделов дисциплины (модуля)

В таблице 1 приводится описание содержания дисциплины, структурированное по разделам, с указанием по каждому разделу кодов контролируемых компетенций и форм текущего контроля: защита лабораторной работы (ЛР), коллоквиум (К), тестирование(Т).

Таблица 1. Содержание разделов дисциплины

№	Наименование раздела	Содержание раздела	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Форма текущего контроля
1.	Введение в дисциплину	Тема 1. Структура, цели и задачи курса материалы и компоненты нанoeлектроники. Понятие о нанотехнологии. Основные вехи развития нанoeлектроники. Современные приложения и перспективы нанотехнологий. Тема 2. Классификация низкоразмерных структур и наноматериалов. Размерные эффекты и свойства нанообъектов.	ОК-7 ПК-1 ПК-2	Т,К,ЛР
2.	Базовые материалы и структуры нанoeлектроники	Тема 3. Нанокристаллические и нанокompозитные объемные материалы: определение, основные особенности свойств и области применения. Тема 4. Углеродные наноструктуры(фуллерены, нанотрубки): структура, свойства и применение. Тема 6. Наноструктурированные пленки и покрытия.	ОК-7 ПК-1 ПК-2	Т,К,ЛР
3.	Методы получения наноматериалов и наноструктур	Тема 6. Газофазная эпитаксия металлоорганических соединений (ГФЭ МОС): общие положения процесса эпитаксиального наращивания, физико-химические основы процесса ГФЭ МОС, аппаратная реализации метода и возможности метода в нанoeлектронике. Тема 7. Молекулярно-пучковая эпитаксия: общие положения МЛЭ, физические основы формирова-	ОК-7 ПК-1 ПК-2	Т,К,ЛР

		<p>ния молекулярных потоков, механизмы эпитаксиального роста, особенности аппаратной реализации метода и возможности метода в нанoeлектронике.</p> <p>Тема 8. Физические методы получения наноматериалов и наноструктур: методы получения наночастиц из паровой и жидких сред: метод испарения –конденсации(лазерное испарение, испарение высокочастотным индуктивным разогревом, термолиз;</p> <p>Тема 9. Химические методы получения наноматериалов и наноструктур: получение коллоидных частиц методами восстановления и разложения в растворах, поверхностно-активные вещества и их роль в процессах стабилизации наночастиц, получение наночастиц в микроэмульсиях.</p> <p>Тема 10. Золь-гель технология: физико-химические основы золь-гель технологии, особенности технологической реализации метода, возможности метода в получении гибридных полимер-неорганических нанокомпозигов, методы синтеза нанокристаллов осаждением в наноструктурированные матрицы.</p> <p>Тема 11. Метод Ленгмюра-Блоджетт (ЛБ): Физико-химические основы метода ЛБ, особенности аппаратной и технологической реализации метода. Возможности метода в создании наноструктурированных функциональных пленок.</p> <p>Тема 12. Метод молекулярного наслаивания(матричный синтез): определение метода, основные принципы реализации ММН, схемы синтетических возможностей ММН, особенности формирования наноструктур на поверхности силикагеля.</p> <p>Тема 13. Рентгеновская, электронная и ионная литография: общие сведения литографического процесса, аппаратная реализация, шаблоны, резисты, возможности пучковых методов литографии.</p> <p>Тема 14. Специальные литографические методы: литография наносферами, нанопечатная литография, литографически индуцированная самосборка.</p>		
4.	Приборные наноструктуры	<p>Тема 15. Полупроводниковые гетероструктуры (гетеропереход, гетероструктура, сверхрешетка): структура, основные характеристики и применение.</p> <p>Тема 16. Нанoeлектронные приборы на основе квантово-размерных структур.</p> <p>Тема 17. Наноструктуры с квантовым ограничением за счет приложенного внешнего электрического поля: структуры металл-диэлектрик-полупроводник (МДП-структуры); понятие о двумер-</p>	ОК-7 ПК-1 ПК-2	Т,К,ЛР

		ном электронном газе; структуры с расщепленным затвором. Тема 18. Наноструктуры с квантовым ограничением за счет внутреннего (встроенного) электрического поля: дельта-легированные и n-i-p-i структуры; модуляционно-легированные структуры; квантовые ямы, периодические квантовые ямы.		
--	--	--	--	--

4.2. Структура дисциплины (модуля)

Таблица 2. Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единицы (180 часов)

Вид работы	Трудоёмкость, часы	
	6 семестр	Всего
Общая трудоемкость (в часах)	180	180
Контактная работа (в часах):	68	68
Лекции (Л)	34	34
Лабораторные работы (ЛР)	34	34
Самостоятельная работа, в том числе контактная работа (в часах):	85	85
Самостоятельное изучение разделов	85	85
Подготовка и прохождение промежуточной аттестации	27	27
Вид промежуточной аттестации	экзамен	

4.3. Лекционные занятия

Таблица 3. Перечень лекционных занятий

№ п/п	Тема
1	2
1	Структура, цели и задачи курса материалы и компоненты наноэлектроники. Классификация низкоразмерных структур и наноматериалов.
2	Нанокристаллические объемные материалы.
3	Углеродные наноструктуры.
4	Наноструктурированные пленки и покрытия.
5	Магнитные наноматериалы
6	Материалы экстремальной электроники
7	Газофазная эпитаксия металлоорганических соединений (ГФЭ МОС).
8	Молекулярно-пучковая эпитаксия.
9	Физические методы получения наноматериалов и наноструктур.
10	Химические методы получения наноматериалов и наноструктур.
11	Золь-гель технология.

12	Метод Ленгмюре-Блоджетт (ЛБ).
13	Метод молекулярного наслаивания(матричный синтез)..
14	Полупроводниковые гетероструктуры.
15	Нанoeлектронные приборы на основе квантово-размерных структур.
16	Наноструктуры с квантовым ограничением за счет приложенного внешнего электрического поля..
17	Наноструктуры с квантовым ограничением за счет внутреннего (встроенного) электрического поля.

4.4. Практические (Семинарские) занятия

Практические занятия (Семинарские занятия) не предусмотрены программой

4.5. Лабораторные работы

Таблица 4. Перечень лабораторных работ

№ п/п	Наименование лабораторных работ
1	Вводное занятие. Изучение вопросов техники безопасности .
2	Получение пористого кремния методом электрохимического травления
3	Определение степени пористости кремниевых структур весовым методом
4	Исследование вольтамперных характеристик контакта Ме-нанопористый кремний
5	Обработка и количественный анализ СЗМ изображений
6	Исследование процесса субмикронной контактной фотолитографии
7	Изучение фотолюминесценции пористого кремния
8	Исследование удельной поверхности пористого кремния
9	Получение островковых наноразмерных пленок

1.4.6. Самостоятельное изучение разделов дисциплины

Таблица 5. Самостоятельное изучение разделов дисциплины

№ п/п	Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение
2	Наноструктурированные пленки и покрытия.
3	Механизмы эпитаксиального роста.
3	Методы получения наночастиц из паровой и жидких сред: получение коллоидных частиц методами восстановления и разложения в растворах, поверхностно-активные вещества и их роль в процессах стабилизации наночастиц, получение наночастиц в микроэмульсиях.
3	Методы получения упорядоченных наноструктур из наночастиц: методы получения упорядоченных структур наночастиц на подложке из коллоидных систем и их характеристики.
3	Золь-гель технология: методы синтеза нанокристаллов осаждением в наноструктурированные матрицы.

3	Методы получения упорядоченных наноструктур из наночастиц: получение упорядоченных решеток наночастиц в коллоидных суспензиях и особенности их структуры, методы получения упорядоченных структур наночастиц на подложке из коллоидных систем и их характеристики.
3	Электронная и ионная литография: общие сведения литографического процесса, аппаратная реализация, шаблоны, резисты, возможности пучковых методов литографии.
3	Специальные зондирующие микроскопы, нанотехнологические комплексы.
3	Методы создания наноструктур с помощью СЗМ: методы осаждения из газовой и жидкой сред, механический метод, метод полевой нанодеформации, метод изменения фазового состава) и их возможности в области записи информации.

5. Оценочные материалы для текущего и рубежного контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Оценочные материалы для текущего, рубежного контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов по дисциплине определяются учебным планом образовательной программы и действующим положением о балльно-рейтинговой системе аттестации студентов обучающихся по программам высшего образования Кабардино-Балкарского университета (Приказ № 159/О от 31 августа 2017г.). При аттестации обучающихся оценивается качество работы на занятиях (умение вести дискуссию, способность чётко формулировать свои мысли), уровень подготовки к самостоятельной деятельности, качество выполнения заданий (курсовой работы, лабораторных работ и др.). Текущий и рубежный контроль успеваемости студентов по дисциплине проводится по трем контрольным точкам. В конце 1/3 семестра 1-я контрольная точка, вторая контрольная точка- конец 2/3 семестра, а третья контрольная точка последние две недели семестра.

5.1. Коллоквиум

В семестре проводятся 3 коллоквиума, каждый из которых оценивается в пределах 8 баллов. На коллоквиумах контролируется формирование элементов общекультурной компетенции ОК-7 и профессиональных компетенций ПК-1, ПК-2. Ниже приведены примерные перечни вопросов выносимых на все три коллоквиума:

1-й коллоквиум:

1. История нанотехнологии.
2. Особенности кристаллических решёток наноматериалов.
3. Тетраэдрические п/п наноструктуры.
4. Принципы построения кластеров.
5. Углеродные нанотрубки. Природа химических связей.
6. Углеродные нанокластеры. Фуллерен: атомная структура и свойства
7. Неуглеродные шарообразные молекулы.
8. Углеродные нанотрубки. Атомная структура и свойства.
9. Получение углеродных наноструктур методом лазерного испарения.
10. Метод углеродной дуги
11. Метод осаждения из газовой фазы (углеродные наноструктуры)
12. Области применения углеродных нанотрубок. Углеродные нанотрубки, как экраны электромагнитного излучения.
13. Перспективы применения углеродных нанотрубок для создания элементной базы компьютеров нового поколения.
14. Нанотрубки в технологии топливных элементов.

2-й коллоквиум:

16. Нанотрубки как катализатор химических реакций.

17. Объёмные наноструктурированные материалы и их классификация.
18. Методы синтеза объёмных наноструктурированных материалов. Метод компактирования. Метод сверхбыстрого охлаждения. Метод спинингования. Метод газовой атомизации.
19. Особенности механических свойств наноструктурированных объёмных материалов.
20. Особенности электрических свойств наноструктурированных объёмных материалов.
21. Магнитные свойства наноструктурированных объёмных материалов.
22. Особенности спектра электронных состояний и проводимости матриц с распределёнными наночастицами.
23. Магнитные свойства наночастиц.
24. Процессы нанотехнологии. Матричный синтез сверхрешёток. Типы и свойства матриц и способы их кодирования.
25. Управляемая синтаксия сверхрешёток карбида кремния.
26. Физико-химические основы метода МПЭ.
27. Основные принципы технологической реализации МПЭ.
28. Особенности конструкции ячеек кнудсеновского типа используемых в МПЭ.
29. Особенности контроля in-situ ростовой поверхности в МПЭ.
30. Кинетика процесса роста гетероструктур в МПЭ.
31. Особенности МПЭ в многокомпонентных твёрдых растворах.
32. Области применения структур, полученных в МПЭ.

3-й коллоквиум:

33. Физико-химические основы метода Ленгмюра-Блоджет.
34. Особенности технологической реализации метода Ленгмюра-Блоджет.
35. Роль ПАВ в технологии Ленгмюра-Блоджет.
36. Влияние материалов подложки на параметры слоёв, полученных методом Ленгмюра-Блоджет.
37. Влияние геометрически неоднородной поверхности подложки на параметры слоёв, полученных методом Ленгмюра-Блоджет.
38. Модифицированная методика Ленгмюра-Блоджет.
39. Особенности получения наноразмерных полиамидных плёнок методом Ленгмюра-Блоджет.
40. Особенности формирования наноразмерных полиамидных мембран методом Ленгмюра-Блоджет.
41. Базовые принципы золь-гель технологии. Технологическая схема реализации золь-гель технологии.
42. Особенности получения наноразмерных плёнок методом золь-гель технологии.
43. Технологические возможности золь-гель технологии.
44. Особенности технологии получения нанопористых кремниевых структур методом электрохимического травления.
45. Физико-химические основы квантово-размерных структур методом инконгруэнтного испарения плёнок.
46. Основные термины и определения нанотехнологии (наносистема, наноматериалы, наноструктуры, нанотехнология, наносистемотехника, нанодиагностика).

Методические рекомендации

При подготовке к коллоквиуму следует, прежде всего, просмотреть конспекты лекций и отметить в них имеющиеся вопросы коллоквиума. Если какие-то вопросы вынесены преподавателем на самостоятельное изучение, следует обратиться к учебной литературе, рекомендованной преподавателем в качестве источника сведений. Коллоквиум проводится в виде устного опроса и собеседования со студентом

Критерии оценивания

Степень подготовленности студента на коллоквиуме оценивается по следующим критериям: - *ясность, четкость и доказательность изложения ответов на вопросы;* - *владение специальными терминами;* *системность знаний по теме коллоквиума.* Ниже приведена шкала оценивания:

Оценка			
Неудовлетворительно 2 балла	удовлетворительно 4 балла	хорошо 6 баллов	отлично 8 баллов
Студент не знает значительной части вопросов, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы	Студент поверхностно знает вопросы коллоквиума, допускает неточности в ответе на вопрос	Студент хорошо знает материал, грамотно и по существу излагает его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос	Студент в полном объеме знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.

5.2.Тесты

Тестирование по изучаемым разделам проводится 3 раза в семестр синхронно с проведением коллоквиумов. На тестах контролируется формирование элементов общекультурной компетенции ОК-7 и профессиональных компетенций ПК-1, ПК-2. Ниже приведены образцы тестовых заданий::

1. Отметьте правильный ответ

Осаждение тонких ориентированных пленок , посредством управления молекулярными потоками

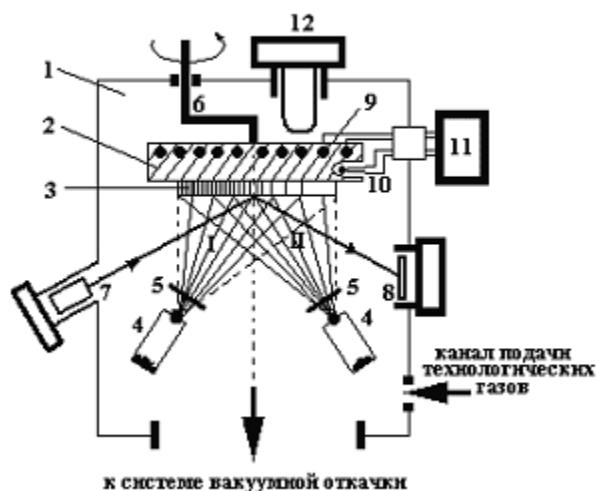
- ☒ Молекулярно-пучковая эпитаксия
- ☐ Жидкофазная эпитаксия
- ☐ Магнетронное распыление

2. Отметьте правильный ответ

Технология получения квантово-размерных гетероструктур

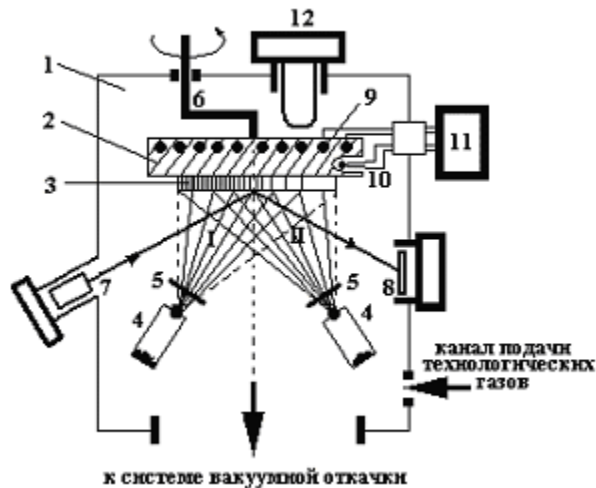
- ☒ Молекулярно-пучковая эпитаксия
- ☐ Электрохимическое осаждение
- ☐ Вакуумно-термическое распыление

3. Отметьте правильный ответ



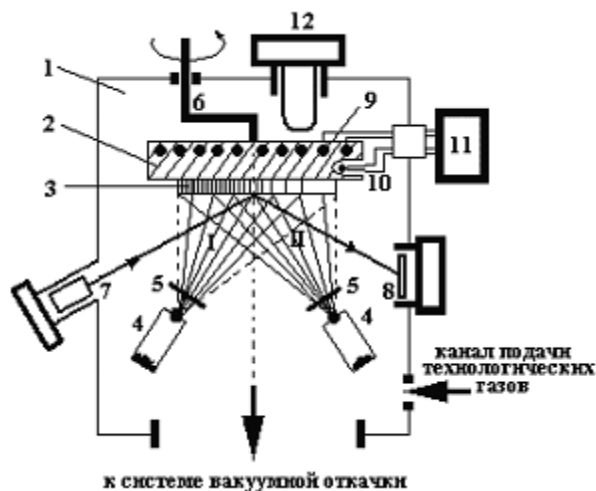
- ☐ 4-манипулятор подложки
- ☒ 4-ячейки Кнудсена
- ☐ 4-заслонки
- ☐ 4-электронные пушки

4. Отметьте правильный ответ



- ☒ 7- электронная пушка ДОБЭ
- ☐ 7- источник рентгеновского излучения
- ☐ 7- масс-спектрометр
- ☐ 7- натекагель

5. Отметьте правильный ответ



- ☒ 10 - термопара
- ☐ 10 - датчик давления
- ☐ 10 - источник радиационного нагрева образца
- ☐ 10 - датчик масс-спектрометра

6. Отметьте правильный ответ

Эффузия

- ☒ Медленное истечение газов через малые отверстия
- ☐ Быстрое истечение газов через малые отверстия
- ☐ Медленное истечение газов через большие отверстия
- ☐ Диффузия в твердом теле
- ☐ Диффузия в жидкостях

7. Отметьте правильный ответ

Материал для изготовления эффузионной ячейки

- ☐ железо
- ☐ сталь
- ☐ графит
- ☒ высокочистый графит
- ☒ нитрид бора

8. Отметьте правильный ответ

Требования к материалам эффузионной ячейки:

А-химическая чистота

Б-низкое газовыделение

В-высокая механическая прочность

Г-химическая стойкость к шихтовым материалам

Д- высокая химическая активность

Е- низкая пластичность

☒ А,Б,В,Е

☐ А,Б

☐ А,Е

☐ А,Б,В,С

9. Отметьте правильный ответ

Монокристаллическая пленка растет на подложке, отличающейся от материала пленки, и не вступает с ней в химическое взаимодействие

☒ Гетероэпитаксия

☐ Гомоэпитаксия

☐ Хемоадсорбция

☐ Жидкофазная эпитаксия

10. Отметьте правильный ответ

Монокристаллическая пленка растет на подложке, при этом химический состав пленки не отличается или мало отличается от состава подложки

☒ Гомоэпитаксия

☐ Гетероэпитаксия

☐ Хемоэпитаксия

☐ Адсорбция

11. Отметьте правильный ответ

Ориентированное наращивание слоев пленки, которая вступает в химическое взаимодействие с веществом подложки

☒ Хемоэпитаксия

☐ Гомоэпитаксия

☐ Гетероэпитаксия

☐ Хемоадсорбция

Отметьте правильный ответ

12. дополните

В году впервые были разработаны теоретические основы технологии формирования двумерных квантовых ям

Правильные варианты ответа: 1968;

13. Отметьте правильный ответ

Впервые термин нанотехнология был введен вгоду

☐ 1960

☐ 1977

☐ 1992

☒ 1974

14. Отметьте правильный ответ

В году был квантовый эффект Холла

☐ 1965

☐ 1978

☐ 1998

☒ 1985

15. Отметьте правильный ответ

В году был создан первый транзистор на основе нанотехнологий

- ☒ 1998
☐ 1985
☐ 1976

Методические рекомендации

Тесты – это вопросы или задания, предусматривающие конкретный, краткий, четкий ответ на имеющиеся эталоны ответов. При самостоятельной подготовке к тестированию студенту необходимо:

а) готовясь к тестированию, проработать информационный материал по дисциплине. Проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора учебной литературы;

б) четко выясните все условия тестирования заранее. Знать, сколько тестов Вам будет предложено, сколько времени отводится на тестирование, какова система оценки результатов и т.д.

в) приступая к работе с тестами, внимательно и до конца прочтите вопрос и предлагаемые варианты ответов. Выберите правильные (их может быть несколько). На отдельном листке ответов выпишите цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам;

г) в процессе решения желательно применять несколько подходов в решении задания. Это позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант.

д) если Вы встретили чрезвычайно трудный для Вас вопрос, не тратьте много времени на него. Переходите к другим тестам. Вернитесь к трудному вопросу в конце.

е) обязательно оставьте время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

Критерии оценивания

Оценка			
неудовлетворительно 0 баллов	удовлетворительно 3 балла	хорошо 4 балла	отлично 5 баллов
Менее 50 % правильно выполненных заданий.	50-70% правильно выполненных заданий.	71-85% правильно выполненных заданий.	86-100% правильно выполненных заданий.

5.3. Задания для лабораторных занятий

(Контролируемые компетенции ОК-7, ПК-1, ПК-2)

Лабораторный практикум является важным элементом обучения, т.к. прививает навыки самостоятельной работы на различном лабораторном оборудовании и умение пользоваться различными приборами и инструментами.

Пример типовой лабораторной работы

«Получение пористого кремния методом электрохимического травления»

Целью работы является ознакомление с теоретическими основами анодного травления кремния и освоение техники и технологии получения экспериментальных структур наноструктурированного кремния..

Методические рекомендации

Выполнение каждой лабораторной работы складывается из следующих этапов.

1. Самостоятельная подготовка студентов к работе. Перед началом работы студенты должны четко представлять себе цель работы, знать схему, метод измерения, физическую сущность ожидаемых результатов. Должен быть подготовлен протокол измерений, со-

держащий таблицы для записи результатов измерений и основные расчетные формулы. Студенты, не подготовившиеся к работе в соответствии с этими требованиями, к выполнению работы не допускаются.

2. Проведение эксперимента. Этот этап осуществляется в соответствии с методическими указаниями, которые содержатся в описании к каждой работе. Лабораторные измерения на стенде студент может начать только после собеседования с преподавателем и получения соответствующего допуска. Любые изменения в схеме проводятся при отключении схемы от источника напряжения. Результаты измерения проверяются преподавателем. При работе в лаборатории необходимо строго выполнять все правила техники безопасности и указания преподавателя.

3. Составление отчета о проделанной работе.

Отчет должен содержать исчерпывающие данные, как о цели работы, так и о результатах в следующей последовательности:

- задание;
- схема установки и описание методики измерений;
- первичные экспериментальные результаты за подписью преподавателя;
- результаты обработки экспериментальных данных, включая графики, таблицы;
- общие выводы о работе и заключение, о качестве исследованных материалов.

Текст отчета должен быть написан аккуратно и разборчиво от руки или представлен в виде распечатки, после компьютерной верстки. В обоих случаях текст должен представлять собой логическое изложение существа вопроса. Недопустимо приведение формул, таблиц без разъяснений всех обозначений и сокращений. Отчет должен быть понятен для каждого читающего без каких-либо дополнительных вопросов у составителей отчета.

Критерии оценивания

Оцениваются следующие этапы лабораторной работы:

1. Выполнение экспериментальной части работы.
2. Обработка результатов и подготовка отчета о выполненной работе.
3. Защита результатов лабораторной работы.

Студент выполнивший и защитивший все лабораторные работы по дисциплине получает в конце семестра 21 балл. Каждая лабораторная работа в зависимости от степени сложности и важности темы оценивается индивидуальным баллом. Шкала оценивания лабораторных работ устанавливается в начале семестра и доводится до сведения обучающихся студентов.

5.4. Промежуточная аттестация

(контролируемые компетенции ОК-7, ПК-1, ПК-2).

Изучение дисциплины завершается устным экзаменом. Перечень основных вопросов к экзамену приведен ниже:

1. История нанoeлектроники.
2. Особенности кристаллических решёток наноматериалов.
3. Тетраэдрические п/п наноструктуры.
4. Принципы построения кластеров.
5. Углеродные нанотрубки. Природа химических связей.
6. Углеродные нанокластеры. Фуллерен: атомная структура и свойства
7. Неуглеродные шарообразные молекулы.
8. Углеродные нанотрубки. Атомная структура и свойства.
9. Получение углеродных наноструктур методом лазерного испарения.
10. Метод углеродной дуги
11. Метод осаждения из газовой фазы (углеродные наноструктуры)
12. Области применения углеродных нанотрубок. Углеродные нанотрубки, как экраны электро-магнитного излучения.

13. Перспективы применения углеродных нанотрубок для создания элементной базы компьютеров нового поколения.
14. Нанотрубки в технологии топливных элементов.
15. Нанотрубки -как химические сенсоры.
16. Нанотрубки как катализатор химических реакций.
17. Объёмные наноструктурированные материалы и их классификация.
18. Методы синтеза объёмных наноструктурированных материалов. Метод компактирования. Метод сверхбыстрого охлаждения. Метод спинингования. Метод газовой атомизации.
19. Особенности механических свойств наноструктурированных объёмных материалов.
20. Особенности электрических свойств наноструктурированных объёмных материалов.
21. Магнитные свойства наноструктурированных объёмных материалов.
22. Особенности спектра электронных состояний и проводимости матриц с распределёнными наночастицами.
23. Магнитные свойства наночастиц.
24. Процессы нанотехнологии. Матричный синтез сверхрешёток. Типы и свойства матриц и способы их кодирования.
25. Управляемая синтаксия сверхрешёток карбида кремния.
26. Физико-химические основы метода МПЭ.
27. Основные принципы технологической реализации МПЭ.
28. Особенности конструкции ячеек кнудсеновского типа используемых в МПЭ.
29. Особенности контроля in-situ ростовой поверхности в МПЭ.
30. Кинетика процесса роста гетероструктур в МПЭ.
31. Особенности МПЭ в многокомпонентных твёрдых растворах.
32. Области применения структур, полученных в МПЭ.
33. Физико-химические основы метода Ленгмюра-Блоджет.
34. Особенности технологической реализации метода Ленгмюра-Блоджет.
35. Роль ПАВ в технологии Ленгмюра-Блоджет.
36. Влияние материалов подложки на параметры слоёв, полученных методом Ленгмюра-Блоджет.
37. Влияние геометрически неоднородной поверхности подложки на параметры слоёв, полученных методом Ленгмюра-Блоджет.
38. Модифицированная методика Ленгмюра-Блоджет.
39. Особенности получения наноразмерных полиамидных плёнок методом Ленгмюра-Блоджет.
40. Особенности формирования наноразмерных полиамидных мембран методом Ленгмюра-Блоджет.
41. Базовые принципы золь-гель технологии. Технологическая схема реализации золь-гель технологии.
42. Особенности получения наноразмерных плёнок методом золь-гель технологии.
43. Технологические возможности золь-гель технологии.
44. Особенности технологии получения нанопористых кремниевых структур методом электро-химического травления.
45. Физико-химические основы квантово-размерных структур методом инконгруэнтного испарения плёнок.
46. Основные термины и определения нанотехнологии (наносистема, наноматериалы, наноструктуры, нанотехнология, наносистемотехника, нанодиагностика).
47. Наноструктуры с квантовым ограничением.
48. Приборные структуры на углеродных наноструктурах.
49. Резонансно-туннельный диод.
50. Нанотранзисторы.

Подготовка студентов к экзамену включает проработку лекций, в течении семестра и непосредственную подготовку в дни, предшествующие экзамену, включая, конечно, подготовку к коллоквиумам, тестированию, выполнению лабораторных работ и их защите.

Для подготовки к ответам на экзаменационные вопросы (они выдаются в конце семестра) студент должен использовать не только курс лекций, но и основную и дополнительную литературу для выработки умения давать развернутые ответы на поставленные вопросы.

В ходе подготовки к экзамену студенту необходимо обращать внимание не только на уровень запоминания, но и на степень понимания изучаемых вопросов. А это достигается не простым заучиванием, а усвоением прочных систематизированных знаний аналитическим мышлением. Следовательно, непосредственная подготовка к экзамену должна в разумных пропорциях сочетать и запоминание, и понимание программного материала.

Распределение баллов текущего, рубежного контроля и экзамена

№		Общая сумма	1-я точка	2-я точка	3 точка
1.	Текущий контроль				
	посещение занятий	10 баллов	3 балла	3 балла	4 балла
	выполнение и защита лабораторных работ	21 балл	7 баллов	7 баллов	7 баллов
2.	Рубежный контроль				
	тестирование	15 баллов	5 баллов	5 баллов	5 баллов
	коллоквиум	24 балла	8 баллов	8 баллов	8 баллов
Итого		70 баллов	23 балла	23 балла	24 балла
3.	Экзамен	30 баллов	min – 15, max – 30 баллов		

Критерии оценивания

Подготовленность студента к экзамену оценивается по трем уровням :

- базовый уровень (**оценка «удовлетворительно»**) является обязательным для всех обучающихся по завершении освоения дисциплины;
- продвинутый уровень (**оценка «хорошо»**) характеризуется превышением минимальных характеристик сформированности компетенции по завершении освоения дисциплины;
- высокий уровень (**оценка «отлично»**) характеризуется максимально возможной выраженностью компетенции и является важным качественным ориентиром для самосовершенствования.

Критерии и показатели оценивания промежуточной аттестации

Шкала по традиционной пятибалльной системе			
неудовлетворительно	Базовый уровень удовлетворительно /диф. зачет	Продвинутый уровень хорошо/ диф. зачет	Высокий уровень отлично/ диф. зачет
Шкала по балльно-рейтинговой системе			

Шкала по традиционной пятибалльной системе			
36 – 60	61 – 80	81 – 90	91 – 100

Студент недобравший 36 баллов в ходе текущего и рубежного контроля к экзамену не допускается.

6. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности

Таблица 7. Результаты освоения учебной дисциплины, подлежащие проверке

Результаты обучения (компетенции)	Основные показатели оценки результатов обучения
Способность к самоорганизации и самообразованию (ОК-7)	Знать: основные правила и приемы самоорганизации и самообразования ОК-7(З1).
	Уметь: самостоятельно осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных по свойствам, технологии получения применению материалов электронной технике, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий ОК-7(У1).
	Владеть: методами и способами самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, связанных с технологической подготовкой производства материалов и структур электронной техники ОК-7(В1).
Способностью строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования (ПК-1)	Знать: основные свойства и процессы позволяющие проводить характеризацию и построение простейших физических и математических моделей наноматериалов и наноструктур необходимых для решения научных и производственных задач, связанных с измерением параметров и модификацией свойств объектов нанотехнологии в электронике ПК-1(З1).
	Уметь: выбрать и создать модель схемы измерения параметров и технологического маршрута для модификации свойств объектов нанотехнологии в электронике. ПК-1(У1).
	Владеть: первичными навыками использования программных средств для создания математических и физических моделей связанных с оценкой параметров наноматериалов, с выбором режимов модификации свойств объектов нанотехнологии в электронике. ПК-1(В1).
Способностью аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения	Знать: – основные методы измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур; ПК-2(З1). – способы планирования, подготовки, организации и выполнения научно-исследовательской и опытно-конструкторской работы направленной на измерение параметров наноматериалов и наноструктур; ПК-2(З2). методы оформления ее результатов ПК-2(З3).
	Уметь организовать и проводить экспериментальные исследования параметров наноматериалов и наноструктур с применением современных средств и методов автоматизации эксперимента. ПК-1(У1).

чения (ПК-2)	Владеть первичными навыками работы с современным исследовательским оборудованием, применяемом для измерения параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур. ПК-1(В1).
--------------	---

Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Элементы компетенции		
Содержание этапов	ОК-7(З1), ПК-1(З1) ПК-2(З1), ПК-2(З2), ПК-2(З3)	ОК-7(У1), ПК-1(У1), ПК-2(У1),	ОК-7(В1), ПК-1(В1), ПК-2(У1)
Виды занятий	1.Лекции 2.Консультации	1.Лабораторные работы 2.Самостоятельная работа	Лабораторные работы 2.Самостоятельная работа
Средства оценивания	1.Тест 2.Коллоквиум 3.Экзамен	1.Допуск к лабораторной работе. 2.Выполнение лабораторной работы. 3.Обработка экспериментальных данных и оформление работы. 4.Зачет	1.Защита лабораторных работ

Таблица 9

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
«Отлично» (высокий уровень)	Обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости	Обладает диапазоном умений, требуемых для решения творческих задач	Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия работы
«Хорошо» (базовый уровень)	Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования	Адаптирует свое поведение к обстоятельствам в решении проблем
«Удовлетворительно» (пороговый уровень)	Обладает базовыми общими знаниями	Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач	Работает при прямом наблюдении

7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

Основная литература

1. Брусенцов, Ю. А. Материалы твёрдотельной микро- и нанoeлектроники [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю. А. Брусенцов, А. М. Минаев, И. С. Филатов. — Электрон. текстовые данные. — Тамбов : Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2012. — 80 с. — 978-5-8265-1087-2. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/63861.html>
2. Дробот, П. Н. Нанoeлектроника [Электронный ресурс] : учебное пособие / П. Н. Дробот. — Электрон. текстовые данные. — Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2016. — 286 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/72141.html>
3. Галочкин, В. А. Введение в нанотехнологии и нанoeлектронику [Электронный ресурс] : конспект лекций / В. А. Галочкин. — Электрон. текстовые данные. — Самара : Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2013. — 364 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/71825.html>

Дополнительная литература

1. Борисенко В.Е. Нанoeлектроника / В.Е.Борисенко, А.И. Воробьева, Е.А.Уткина. —М.-БИНОМ, 2009— 223с.
2. Старостин, В. В. Материалы и методы нанотехнологий: учебное пособие / В.В.Старостин; ред. Л. Н. Патрикеев. - 2-е изд. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. - 431 с
3. Гусев, А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А.И. Гусев. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. - 411 с.
4. Гаев, Д.С. Материалы и компоненты нанoeлектроники. Лабораторный практикум [Текст]: учебное пособие/ Д.С. Гаев, В.А. Панченко, Р.Ш. Тешев.-Нальчик : Каб.-Балк. ун-т, 2017.-96с.
5. Нанотехнологии. Физика. Процессы. Диагностика. Приборы. // Под редакцией В.В. Лучинина, Ю.М. Таирова. М.: ФИЗМАТЛИТ. 2006 – 551с.
6. Нанотехнологии в электронике // Под редакцией члена – корреспондента РАН Ю.А. Чаплыгина. Москва, Техносфера, 2005 – 446с.
7. Драгунов В.П., Неизвестный И.Г., Гридчин В.А. Основы нанoeлектроники: Учеб. пособие. 2-е изд., испр. И доп. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2004. – 496 с.
8. Нанотехнологии в полупроводниковой электронике/ Отв. Редактор А.Л. Асеев. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004. – 368 с.
9. Нано- и микросистемная техника. От исследований к разработкам: сб. статей / ред.: П. П. Мальцев. - М.: Техносфера, 2005. - 589 с.
10. Пул, Ч. Нанотехнологии: пер. с англ.: учеб. пособие / Ч. Пул, Ф. Оуэнс. - М.: Техносфера, 2004. - 327 с.
11. Нанотехнология в ближайшем десятилетии. Прогноз направления исследований: пер. с англ. / Дж. Уайтсайдс, Д. Эйглер, Р. Андерс; ред.: М. К. Роко, ред.: Р. С. Уильямс, ред. П. Аливисатос. - М.: Мир, 2002. - 292 с.
12. Наноматериалы. Нанотехнологии. Наносистемная техника: мировые достижения за 2005 год: сборник / ред.: П. П. Мальцев. - М.: Техносфера, 2006. - 149

Интернет - ресурсы

1. <http://lib.kbsu.ru/> - Библиотека КБГУ.
2. <http://www.garant.ru/> - Справочная правовая система «Гарант».
3. <http://www.consultant.ru/> -Справочная правовая система «КонсультантПлюс».
4. <http://www.studmedlib.ru> - ЭБС «Консультант студента»
5. Электронные версии журналов: “Физика твердого тела”, “Журнал технической физики”, “Письма в журнал технической физики”, “Физика и техника полупроводников” <http://journals.ioffe.ru>.
6. www.nanonewsnet.ru – Сайт о нанотехнологиях в России.
7. www.nanodigest.ru – Интернет - журнал о нанотехнологиях

8. www.nano-info.ru - Сайт о современных достижениях в области микро- и нанотехнологий
9. www.nanometer.ru – Сайт нанотехнологического сообщества ученых, студентов и любителей нанотехнологий
10. www.nano-portal.ru - Портал посвящен развитию нанотехнологий и их внедрению в производство.
11. www.portalnano.ru/read/databases - База данных Федерального интернет-портала «Нанотехнологии и наноматериалы».

8. Программное обеспечение современных информационно-коммуникационных технологий

1. Студенты имеют доступ к единому образовательному portalу, где могут в открытом доступе пользоваться ресурсами учебно-методической литературы, являющимися разработками ведущих ВУЗОВ России.
2. Для рейтингового контроля используется система компьютерного тестирования на базе программного обеспечения Moodle.
3. При выполнении лабораторного практикума студенты в обязательном порядке проводят обработку экспериментальных данных с применением программных пакетов Microsoft Excel, MathCad..
4. В рамках обеспечения применения компьютерных технологий в образовательном процессе имеются специализированные компьютерные классы с современным программным обеспечением и имеющим выход в Интернет.

9. Материально-техническое обеспечение работы

Материально-техническую базу для проведения занятий по дисциплине составляют:

- специализированная аудитория, используемая при проведении занятий лекционного типа №238, расположенная по адресу: 360004, Кабардино-Балкарская республика, г. Нальчик, ул. Чернышевского, 175, учебный корпус университета №4 (ФМФ), оснащенная мультимедийным проектором и комплектом аппаратуры, позволяющей демонстрировать текстовые и графические материалы;
- рабочее место преподавателя;
- рабочие места студентов;
- меловая доска.

Мультимедийная презентация, сопровождающая лекцию, позволяет преподавателю акцентировать внимание студенческой аудитории на ключевых вопросах лекции.

Дисциплина обеспечена:

- тестовым материалами в электронной обучающей системе «Moodle» (Открытый университет);
- книжным фондом библиотеки;
- электронными версиями лекций и учебников.

Дисциплина обеспечена:

- тестовым материалами в электронной обучающей системе «Moodle» (Открытый университет);
- книжным фондом библиотеки;
- электронными версиями лекций и учебников.

Лабораторные занятия по дисциплине проводятся в лаборатории «Материалы и компоненты твердотельной электроники»(№001, №003), оснащенной следующим оборудованием и измерительной техникой:

1. Лабораторный стенд по изучению термоэлектрических явлений.
2. Установка магнетронного распыления материалов
3. Установка вакуум-термического напыления тонких пленок
3. Установка для измерения удельного сопротивления тонких пленок.

4. Лабораторный стенд изучения магнитных свойств.
5. Лабораторный стенд по измерению удельного сопротивления методом 4-х зондов.
6. Лабораторный стенд по измерению вольтамперных характеристик полупроводниковых элементов.
7. Лабораторный стенд по электрохимическому анодированию.
8. Лабораторный стенд измерения параметров полупроводниковых материалов по релаксации фотопроводимости.
9. Измеритель характеристик полупроводниковых приборов Л2-56;
10. Оптический микроскоп высокого разрешения LATIMET-20.
11. Установка контактной сварки.
12. Лабораторный стенд измерения ЭДС Холла.
13. Цифровые вольтметры, амперметры, мосты постоянного и переменного тока, генераторы, осциллографы, источники питания, мультиметры и др.
14. ПК-4 шт.
15. Ноутбук- 1 шт.

Студенты имеют доступ через Интернет доступ к электронной обучающей системе «Moodle» (Открытый университет), которая позволяет размещать электронные учебные курсы в свободном доступе для студентов университета.

При проведении занятий лекционного типа, семинарских занятий используются:

лицензионное программное обеспечение и свободно распространяемые программы:

- Microsoft Office лицензия: Договор №135 от 22.05.2018, договор № л-21100 от 20.09.2017, сертификат от 29.11.2017, договор № 28/2017-31705322460 от 29.08.2017, договор № 18/2016-31603884322 от 12.08.2016, договор № 4/14-08 от 14.08.2015, договор № 1/01-12 от 01.12.2014, договор №0331100002314000061-0003152-01 от 25.11.2014, договор №0331100002314000077-0003152-01 от 29.12.2014, договор №0331100002314000038-0003152-01 от 10.09.2014, сертификат от 20.04.2009, сертификат от 18.06.2008, сертификат от 12.10.2007, сертификат от 14.03.2007;
- архиватор 7z, Adobe Acrobat Reader лицензия: предоставляется бесплатно на условиях по адресу <https://www.adobe.com/ru/legal/terms.html>;
- Mozilla Firefox лицензия: GPL/LGPL/MPL, Google Chrome лицензия: предоставляется бесплатно на условиях лицензионных соглашений на программное обеспечение с открытым исходным кодом по адресу <https://code.google.com/intl/ru/chromium/terms.html>.

Для студентов с ограниченными возможностями здоровья созданы специальные условия для получения образования. Специализированное помещение для инвалидов расположено по адресу: 360004, Кабардино-Балкарская республика, г. Нальчик, ул. Чернышевского, 173, главный учебный корпус университета, аудитория №145.

В целях доступности получения высшего образования по образовательным программам инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья университетом обеспечивается:

- альтернативной версией официального сайта в сети «Интернет» для слабовидящих;
- присутствие ассистента, оказывающего обучающемуся необходимую помощь;
- для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху – дублирование вслух справочной информации о расписании учебных занятий; обеспечение надлежащими звуковыми средствами воспроизведения информации;
- для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, созданы материально-технические условия обеспечивающие возможность беспрепятственного доступа обучающихся в учебные помещения, объекты питания, туалетные и другие помещения университета, а также

пребывания в указанных помещениях (наличие расширенных дверных проемов, поручней и других приспособлений).

Лист изменений (дополнений)
в рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.07. «МАТЕРИАЛЫ И КОМПОНЕНТЫ НАНОЭЛЕКТРОНИКИ»»
11.03.04 – Электроника и наноэлектроника на 2020-2021 учебный год

№ п/п	Элемент (пункт)РДП	Перечень вносимых изменений (дополнений)	Примечание

Обсуждена и рекомендована на заседании кафедры_
электроники и информационных технологий,
протокол № _____ от « ____ » _____ 2020 г.

Заведующий кафедрой _____ / **Р.Ш. Тешев** / _____
подпись расшифровка подписи дата