

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кубанский государственный университет»
Физико-технический факультет

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе,
качеству образования – первый
проректор

Хагуров Т.А.

« 30 »

2018 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДВ.10.02 НАНОЭЛЕКТРОНИКА

Направление подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Направленность (профиль) «Нанотехнологии в электронике»

Программа подготовки академическая

Форма обучения очная

Квалификация (степень) выпускника бакалавр

Краснодар 2018

Рабочая программа дисциплины Б1.В.ДВ.10.02 «Наноэлектроника» составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника. Направленность "Нанотехнологии в электронике" (академический бакалавриат).

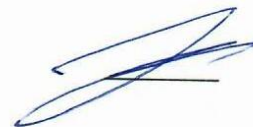
Программу составил:

В.Ю. Бузько, доцент кафедры радиофизики и нанотехнологий, к.х.н.



Рабочая программа дисциплины Наноэлектроника утверждена на заседании кафедры радиофизики и нанотехнологий протокол № 9 «27» марта 2018 г.

Заведующий кафедрой (разработчик) Копытов Г.Ф.




Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры радиофизики и нанотехнологий протокол № 9 «27» марта 2018 г.

Заведующий кафедрой (разработчик) Копытов Г.Ф.



Рабочая программа утверждена на заседании учебно-методической комиссии физико-технического факультета протокол № 10 «2» апреля 2018 г.

Председатель УМК факультета Богатов Н.М.



Рецензенты:

1. Исаев В.А., доктор физико-математических наук, профессор кафедры физики и информационных систем ФТФ ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет»

2. Куликов О.Н., кандидат физико-математических наук, начальник бюро патентной и научно-технической информации АО «КБ «Селена»

1 Цели и задачи изучения дисциплины (модуля).

1.1 Цель освоения дисциплины.

Наноэлектроника – интегративная научная дисциплина о применении наносистем и свойств наноструктур для создания новых малоразмерных электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения. Она раскрывает для различных типов наносистем возможности их применения в современной электронике. Эта дисциплина связана с исследованием, разработкой и созданием новых электронных устройств на основе наноразмерных структур.

Целью изучения дисциплины «Наноэлектроника» является формирование у студентов знаний о принципах создания новых полупроводниковых и оптоэлектронных устройств и изделий наноэлектроники для микро- и наносистемной техники и микропроцессоров, приемников и излучателей на основе квантово-размерных структур, электронных наносенсоров и биомикросхем.

1.2 Задачи дисциплины.

Задачами освоения дисциплины «Наноэлектроника» являются:

- формирование знаний по основным тенденциям развития наноэлектроники в России и за рубежом;

- формирование знаний по физическим основам наноэлектроники, связанным с физическими свойствами мезо- и наноскопических систем, квантово-размерными эффектами в квантовых наноструктурах, процессами переноса носителей заряда в наноразмерных структурах;

- формирование знаний по технологическим основам наноэлектроники, связанным с применением современных технологических методов создания наноструктур и приборов наноэлектроники;

- формирование знаний по принципам работы и особенностям реализации элементов и приборов наноэлектроники;

- формирование умения анализировать исходные данные для расчета и проектирования наноэлектронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения.

В результате изучения дисциплины «Наноэлектроника» студенты должны получить базовые теоретические знания о принципах создания новых полупроводниковых и оптоэлектронных устройств и изделий наноэлектроники на основе квантово-размерных структур, электронных наносенсоров и биомикросхем. Также изучение настоящей дисциплины позволит студентам приобрести умения и навыки поиска и анализа научной информации по разработкам электронных устройств разных типов на основе различных наносистем.

1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Наноэлектроника» для бакалавриата по направлению 11.03.04 Электроника и наноэлектроника профиля "Нанотехнологии в электронике" является составной частью блока Б1.В.ДВ «Дисциплины по выбору» учебного плана и относится к вариативной части дисциплин профессионального цикла (Б1.В.ДВ.10.02).

Дисциплина «Наноэлектроника» частично базируется на знаниях предметов знания университетского курса: материалов и методов нанотехнологий, физики наноразмерных систем, физики полупроводников, физических основ электроники, магнитных наноматериалов. Освоение дисциплины «Наноэлектроника» позволит студентам применять полученные знания при подготовке выпускных квалификационных работ.

Изучение дисциплины «Наноэлектроника» включает аудиторные занятия со студентами (лекции, лабораторные занятия), групповые и индивидуальные консультации, написание рефератов, устные доклады, самостоятельную работу студентов с учебной литературой, научными источниками.

1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся следующих профессиональных компетенций: ОПК-2, ПК-2, ПК-3.

№ п.п.	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
1	ОПК-2	способностью выявлять естественно-научную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат	основные проблемы развития современной наноэлектроники за рубежом и в РФ	выявлять естественнонаучную сущность проблем в разработках в области наноэлектроники	навыками анализа взаимосвязей между физико-химическими характеристиками наноструктур и их применимостью для приборов электроники
2	ПК-1	способностью строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения	основные схемы электронных устройств на основе наноструктур, особенности производства наноструктур и наноматериалов для электронных устройств	разрабатывать схемы электронных устройств на основе наноструктур, разрабатывать схемы производства наноструктур и наноматериалов для электронных устройств	навыками лабораторного получения наноструктур и наноматериалов для электронных устройств в рамках разработанных моделей
3	ПК-3	готовностью анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций	основные направления развития и современной наноэлектроники за рубежом и в РФ.	анализировать информацию по ведущимся разработкам в области наноэлектроники и выделять из них наиболее перспективные к реализации.	приемами анализа научно-технической информации по ведущимся разработкам в области наноэлектроники.

2. Структура и содержание дисциплины.

2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ.

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зач.ед. (144 часа), их распределение по видам работ представлено в таблице.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры часы)	
		8	
Контактная работа, в том числе:	74,3	74,3	
Аудиторные занятия (всего)	70	70	
Занятия лекционного типа	30	30	
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)	–	–	
Лабораторные занятия	40	40	

Иная контактная работа:		4,3	4,3	
Контроль самостоятельной работы (КСР)		4	4	
Промежуточная аттестация (ИКР)		0,3	0,3	
Самостоятельная работа, в том числе:		43	43	
Курсовая работа		–	–	
Проработка учебного (теоретического) материала		19	19	
Выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций)		12	12	
Реферат		6	6	
Подготовка к текущему контролю		6	6	
Контроль:		26,7	26,7	
подготовка к экзамену		26,7	26,7	
Общая трудоемкость	час.	144	144	
	в том числе контактная работа	74,3	74,3	
	зач. ед.	4	4	

2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.
Разделы (темы) дисциплины, изучаемые в 8 семестре:

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Самостоятельная работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	2	3	4	5	6	7
1	Введение в предмет. Основные тенденции развития нанoeлектроники	4	2		–	2
2	Эволюция полупроводниковой электроники в направлении к нанoeлектронике. Одноэлектронные устройства	8	2		–	4
3	Физические принципы нанoeлектроники	16	2		8	6
4	Технология создания твердотельных наноструктур	16	4		8	4
5	Электронные устройства на наноструктурах	20	6		8	6
6	Применение квантово-размерных структур в приборах нанoeлектроники	21	6		8	6
7	Спинтронные устройства	6	2		–	4
8	Применение наноструктур в датчиках и электронных детекторах	18	4		8	6
9	Элементы нанобиоэлектроники	7	2		–	5
	Итого по дисциплине:	113	30		40	43

Примечание: Л – лекции, ПЗ – практические занятия / семинары, ЛР – лабораторные занятия, СР – самостоятельная работа.

2.3 Содержание разделов (тем) дисциплины:

2.3.1 Занятия лекционного типа

№	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
1	Введение в предмет. Основные тенденции	Предмет нанoeлектроники. Основные понятия и терминология. Роль фундаментальных закономерностей, определяющих свойства наноразмерных	ПЗ

	развития наноэлектроники и оптоэлектроники.	структур, используемые в наноэлектронике. Экономические и технологические основы перехода от элементов микроэлектроники к наноэлектронике.	
2	Эволюция полупроводниковой электроники в направлении к наноэлектронике. Одноэлектронные устройства.	Эволюция полупроводниковой электроники. Приближения размеров твердотельных структур к нанометровой области. Области применения квантово-размерных структур. Основные преимущества приборов на основе наноструктур по сравнению с классическими полупроводниковыми приборами. Реализация одноэлектронного транзистора в полупроводниковой, углеродной, молекулярной электронике.	КВ / Д / Р
3	Физические принципы наноэлектроники.	Особенности физики полупроводников в мезо- и наноскопических системах. Характеристические длины в мезоскопических системах. Модели потенциальных ям. Плотность состояний и размерность системы. Наноструктуры с двумерным электронным газом (квантовые ямы), структуры с одномерным электронным газом (квантовые нити), структуры с нульмерным электронным газом (квантовые точки). Транспорт носителей заряда вдоль потенциальных барьеров: фазовая интерференция электронных волн, квантовый эффект Холла, приборы на интерференционных эффектах (интерференционные транзисторы, полевые транзисторы на отражённых электронах). Туннелирование носителей заряда. Одноэлектронное туннелирование. Приборы на одноэлектронном туннелировании (одноэлектронный транзистор, логические элементы на одноэлектронных транзисторах). Резонансное туннелирование. Приборы на резонансном туннелировании (диоды на резонансном туннелировании, транзисторы на резонансном туннелировании, логические элементы на резонансно-туннельных приборах).	ПЗ / Д / Р
4	Технологии создания твёрдотельных наноструктур.	Традиционные методы осаждения наноплёнок. Методы выращивания упорядоченных нанонитей и нанотрубок. Нанолитография. Сравнение нанолитографических методов. Манипулирование наноструктурами и их модифицирование с помощью спектроскопии СТМ и АСМ. Физические процессы, используемые для атомных манипуляций. Примеры наноструктур, сформированных с помощью методов СТМ и АСМ.	КВ/ Д / Р
5	Технологии создания твёрдотельных наноструктур.	Улучшение характеристик Si-основанных приборов с помощью наноструктур. Использование «напряжённого кремния» (<i>strained silicon</i>). Транзисторы с двойным и тройным затвором. Использование новых подзатворных наноматериалов с лучшими по сравнению с SiO ₂ диэлектрическими характери-	КВ/ Д / Р

		ками. Использование нанопроводов для межсоединений.	
6	Электронные устройства на наноструктурах.	Квантовый интерференционный транзистор, одноэлектронный транзистор, транзистор на горячих электронах, туннельно-резонансный диод и транзистор. Углеродные нанотрубки (УНТ) в нанoeлектронике.	КВ / Д / Р
7	Электронные устройства на наноструктурах.	Диоды на УНТ. Полевой транзистор на УНТ. Канальный транзистор на УНТ. Одноэлектронный транзистор на УНТ. Транзистор на УНТ с электрохимическим затвором.	КВ / Д / Р
8	Электронные устройства на наноструктурах.	Электронные логические элементы на УНТ. Элементы памяти на УНТ. Графеновая электроники. Транзисторы на основе графена.	КВ / Д / Р
9	Электронные устройства на наноструктурах.	Перспективы графеновой электроники. Транзисторные структуры на основе графена.	КВ / Д / Р
10	Применение квантово-размерных структур в приборах нанoeлектроники.	Лазеры с квантовыми ямами и точками. Фотоприёмники на квантовых ямах.	КВ / Д / Р
11	Применение квантово-размерных структур в приборах нанoeлектроники.	Приборы на интерференционных эффектах. Квантово-точечные логические устройства. Нанокomпьютеры.	КВ / Д / Р
12	Применение квантово-размерных структур в приборах нанoeлектроники.	Квантово-размерные структуры Si-Ge в нанoeлектронных устройствах. Получение Si-Ge наноструктур. Оптические и фотоэлектрические свойства Si-Ge наноструктур.	КВ / Д / Р
13	Применение квантово-размерных структур в приборах нанoeлектроники.	Оптические и фотоэлектрические свойства Si-Ge наноструктур.	КВ / Д / Р
14	Спинтронные устройства.	Спиновые эффекты. Гигантское магнитосопротивление. Спин-зависимое туннелирование. Спинтронные устройства. Считывающая магнитная головка на гигантском магнитосопротивлении. Элементы энергонезависимой памяти на основе эффекта гигантского магнитосопротивления и спин-зависимом туннелировании. Спин-вентильный транзистор.	КВ / Д / Р
15	Применение наноструктур в датчиках и электронных детекторах.	Электронные сенсоры на основе углеродных нанотрубок. Электронные сенсоры на основе наноструктурированных пленок оксидных полупроводников.	КВ / Д / Р

16	Применение наноструктур в нодатчиках и электронных детекторах.	Электронные сенсоры на основе полупроводниковых нанонитей. Электронные сенсоры на основе полевого нанотранзистора.	КВ / Д / Р
17	Элементы нанобиоэлектроники.	Физические основы нанобиоэлектроники. Жидкостные транзисторы. Ячейки памяти и логические элементы.	КВ / Д / Р

Примечание: КВ – ответы на контрольные вопросы, ПЗ – выполнение практических заданий, Р – реферат, Д – доклад.

2.3.2 Занятия семинарского типа.

Согласно учебному плану семинарские занятия по учебной дисциплине «Наноэлектроника» не предусмотрены.

2.3.3 Лабораторные занятия.

В основе построения лабораторных занятий по учебной дисциплине «Наноэлектроника» лежит последовательность поэтапных действий исследователя по планированию, подготовке, проведению исследований свойств электронных на основе наноструктур

№	Наименование лабораторных работ	Кол-во часов	Форма текущего контроля
1	Исследование свойств наноразмерных пленок меди.	2	ЛР
2	Исследование микроструктуры поверхности неорганических подложек.	4	ЛР
3	Создание наноразмерной пленки SnO ₂ и исследование ее свойств.	4	ЛР
4	Создание диода Шоттки на основе нанопленки SnO ₂ .	4	ЛР
5	Исследование диода Шоттки на основе нанопленки SnO ₂ .	4	ЛР
6	Создание и исследование свойств наноразмерного оксидного терморезистора.	6	ЛР
7	Создание сенсорного электронного устройства на основе нанопленок SnO ₂ .	8	ЛР
8	Исследование свойств сенсорного электронного устройства на основе нанопленок SnO ₂ .	8	ЛР
<i>Итого:</i>		40	

ЛР - защита лабораторной работы.

Лабораторные работы выполняются в НОЦ «Диагностика структуры и свойств наноматериалов» Кубанского государственного университета.

В результате выполнения лабораторных работ у студентов формируются и оцениваются требуемые ФГОС и ООП для направления 11.03.04 Электроника и наноэлектроника профиля "Нанотехнологии в электронике" компетенции – ОПК-2; ПК-1; ПК-3.

Лабораторная работа № 1.

Исследование свойств наноразмерных пленок меди.

Цель работы:

- изучить методику магнетронного нанесения наноразмерных пленок меди на подложки;
- произвести нанесение наноразмерных пленок меди различной толщины;
- произвести измерение электрической проводимости наноразмерных пленок меди различной

толщины;

– исследовать микроструктуру методом сканирующей электронной спектроскопии наноразмерных пленок меди различной толщины.

В процессе выполнения работы студент, руководствуясь методическими указаниями к выполнению данной работы:

– осуществляет нанесение наноразмерных пленок меди различной толщины;

– проводит измерение электрической проводимости наноразмерных пленок меди различной толщины;

– изучит микроструктуру наноразмерных пленок меди различной толщины по данным метода сканирующей электронной спектроскопии;

– подготавливает краткий отчет по выполненной работе с предоставлением результатов измерений в числовом и графическом виде и отвечает на вопросы преподавателя по выполненной работе.

Лабораторная работа № 2.

Исследование микроструктуры поверхности неорганических подложек.

Цель работы:

– изучить принципы химического травления поверхности неорганических подложек;

– исследовать микроструктуру поверхности неорганических подложек до и после травления.

В процессе выполнения работы студент, руководствуясь методическими указаниями к выполнению данной работы:

– осваивает химические методы изучения травления неорганических подложек;

– определяет основные расчетные соотношения реагентов;

– проводит хронометрируемый эксперимент по травлению;

– анализирует данные электронной микроскопии по микроструктуре поверхности неорганических подложек до и после травления..

– подготавливает краткий отчет по выполненной работе с предоставлением результатов измерений в числовом и графическом виде и отвечает на вопросы преподавателя по выполненной работе.

Лабораторная работа № 3.

Создание наноразмерной пленки SnO_2 и исследование ее свойств.

Цель работы:

– изучить методику магнетронного нанесения наноразмерных пленок олова на подложки;

– произвести нанесение наноразмерных пленок олова;

– произвести окислительный отжиг наноразмерных пленок олова;

– произвести измерение электрической проводимости наноразмерных пленок SnO_2 ;

– исследовать микроструктуру наноразмерных пленок SnO_2 методом сканирующей электронной спектроскопии.

В процессе выполнения работы студент, руководствуясь методическими указаниями к выполнению данной работы:

– осуществляет нанесение наноразмерных пленок олова;

– проводит окислительный отжиг наноразмерных пленок олова;

– проводит измерение электрической проводимости наноразмерных пленок SnO_2 ;

– исследует микроструктуру наноразмерных пленок SnO_2 методом сканирующей электронной спектроскопии.

– подготавливает краткий отчет по выполненной работе с предоставлением результатов измерений в числовом и графическом виде и отвечает на вопросы преподавателя по выполненной работе.

Лабораторная работа № 4.

Создание диода Шоттки на основе нанопленки SnO_2 .

Цель работы:

– изучить методику магнетронного нанесения наноразмерных пленок олова на подложки;

– произвести нанесение наноразмерных пленок олова;

– произвести окислительный отжиг наноразмерных пленок олова;

– произвести измерение электрической проводимости наноразмерных пленок SnO_2 ;

– изготовить диод Шоттки на основе нанопленки SnO_2 .

В процессе выполнения работы студент, руководствуясь методическими указаниями к выполнению данной работы:

- осуществляет нанесение наноразмерных пленок олова;
- проводит окислительный отжиг наноразмерных пленок олова;
- проводит измерение электрической проводимости наноразмерных пленок SnO_2 ;
- исследует микроструктуру наноразмерных пленок SnO_2 методом сканирующей электронной спектроскопии.
- изготавливает диод Шоттки на основе нанопленки SnO_2 .
- подготавливает краткий отчет по выполненной работе с предоставлением результатов измерений в числовом и графическом виде и отвечает на вопросы преподавателя по выполненной работе.

Лабораторная работа № 5.

Исследование диода Шоттки на основе нанопленки SnO_2 .

Цель работы:

- исследовать свойства диода Шоттки на основе наноразмерной пленки SnO_2 ;
- произвести измерение электрической проводимости и ВАХ диода Шоттки;
- исследовать микроструктуру диода Шоттки на основе нанопленки SnO_2 методом сканирующей электронной спектроскопии.

В процессе выполнения работы студент, руководствуясь методическими указаниями к выполнению данной работы:

- проводит измерение электрической проводимости и ВАХ диода Шоттки на основе наноразмерной пленки SnO_2 ;
- исследует микроструктуру диода Шоттки на основе нанопленки SnO_2 методом сканирующей электронной спектроскопии.
- подготавливает отчет по выполненной работе с предоставлением результатов измерений в числовом и графическом виде и отвечает на вопросы преподавателя по выполненной работе.

Лабораторная работа № 6.

Создание и исследование свойств наноразмерного оксидного терморезистора.

Цель работы:

- изготовить оксидный терморезистор на основе наноразмерной пленки NiMn_2O_4 ;
- исследовать электрические свойства наноразмерного оксидного терморезистора на основе наноразмерной пленки NiMn_2O_4 ;
- исследовать микроструктуру оксидного терморезистора на основе наноразмерной пленки NiMn_2O_4 методом сканирующей электронной спектроскопии.

В процессе выполнения работы студент, руководствуясь методическими указаниями к выполнению данной работы:

- изготавливает оксидный терморезистор на основе наноразмерной пленки NiMn_2O_4 ;
- исследует электрические свойства наноразмерного оксидного терморезистора на основе наноразмерной пленки NiMn_2O_4 ;
- исследует микроструктуру оксидного терморезистора на основе наноразмерной пленки NiMn_2O_4 методом сканирующей электронной спектроскопии.
- подготавливает отчет по выполненной работе с предоставлением результатов измерений в числовом и графическом виде и отвечает на вопросы преподавателя по выполненной работе.

Лабораторная работа № 7.

Создание сенсорного электронного устройства на основе нанопленок SnO_2 .

Цель работы:

- изготовить химический газовый сенсор на основе наноразмерных пленок SnO_2 ;
- В процессе выполнения работы студент, руководствуясь методическими указаниями к выполнению данной работы:
- осуществляет нанесение наноразмерных пленок олова;
 - проводит окислительный отжиг наноразмерных пленок олова;
 - изготавливает химический резистивный сенсор на основе наноразмерных пленок SnO_2 ;
 - проводит измерения электрической проводимости полученного сенсора на наноразмерных

пленок SnO₂ при различной температуре

– подготавливает краткий отчет по выполненной работе с предоставлением результатов измерений в числовом и графическом виде и отвечает на вопросы преподавателя по выполненной работе.

Лабораторная работа № 8.

Исследование свойств сенсорного электронного устройства на основе нанопленок SnO₂.

Цель работы:

– исследовать сенсорные химические свойства наноразмерных пленок SnO₂;

В процессе выполнения работы студент, руководствуясь методическими указаниями к выполнению данной работы:

– проводит измерения электрической проводимости химический резистивный сенсор на основе наноразмерных пленок SnO₂ в парах различных химических агентов.

– подготавливает краткий отчет по выполненной работе с предоставлением результатов измерений в числовом и графическом виде и отвечает на вопросы преподавателя по выполненной работе.

2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов).

Согласно учебному плану курсовые работы (проекты) по данной дисциплине не предусмотрены.

2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю).

№	Вид СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1.	Проработка учебного теоретического материала	Методические указания по изучению теоретического материала, утвержденные кафедрой радиофизики и нанотехнологий, протокол № 7 от 20.03.2017.
2.	Подготовка к защите лабораторных работ	Методические указания по выполнению лабораторных работ, утвержденные кафедрой радиофизики и нанотехнологий, протокол № 7 от 20.03.2017.
3.	Реферат	Бушенева Ю.И. Как правильно написать реферат, курсовую и дипломную работы: Учебное пособие для бакалавров [Электронный ресурс]: учеб. пособие – Электрон. дан. – М.: Дашков и К, 2016. – 140 с. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/93331 . Кузнецов И.Н. Рефераты, курсовые и дипломные работы. Методика подготовки и оформления [Электронный ресурс]: учеб. пособие – Электрон. дан. – М.: Дашков и К, 2016. – 340 с. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/93303 .
4.	Подготовка презентации по теме реферата	Вылегжанина А.О. Деловые и научные презентации [Электронный ресурс]: учебное пособие – Электрон. дан. – М., Берлин: Директ-Медиа, 2016. – 115 с. – Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=446660 .

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

3. Образовательные технологии

Для формирования профессиональных компетенций в процессе освоения дисциплины используется технология профессионально-развивающего обучения, предусматривающая не только передачу теоретического материала, но и стимулирование и развитие продуктивных познавательных действий студентов (на основе психолого-педагогической теории поэтапного формирования умственных действий). Активизации и интенсификации познавательного процесса способствуют использование педагогической эвристики и моделирование проблемных ситуаций.

В процессе преподавания дисциплины используются следующие методы:

- лекции;
- домашние задания;
- проблемные задания;
- индивидуальные практические задания;
- контрольные опросы;
- публичная защита лабораторных работ;
- консультации преподавателей;
- самостоятельная работа студентов (изучение теоретического материала, подготовка к лабораторным занятиям, выполнение домашних работ, подготовка к опросу и зачету).

В рамках лабораторных занятий применяются методы проектного обучения, исследовательские методы, тренинговые формы, метод конкретных ситуаций. В процессе самостоятельной деятельности студенты осваивают и анализируют передовой научно-исследовательский опыт, используя имеющуюся литературу и информационные технологии, знакомятся с основными научными журналами по вопросам изучения физико-химических свойств наноструктур различных типов, выступают с докладами перед однокурсниками, накапливают багаж знаний, полезных для выполнения выпускной квалификационной работы.

Сопровождение самостоятельной работы студентов также организовано в следующих формах:

- подробное изучение некоторых разделов дисциплины посредством изучения рекомендуемой дополнительной литературы;
- подробное изучение некоторых разделов дисциплины посредством подготовки сообщений, презентаций, путем написания реферативных работ;
- консультации для разъяснения проблемных моментов при самостоятельном расширенном изучении разделов дисциплины.

Основные образовательные технологии, используемые в учебном процессе:

- лекции с проблемным изложением;
- обсуждение сложных вопросов и проблем;
- применение метода конкретных ситуаций.

Интерактивные образовательные технологии: не предусмотрены.

- работа в малых группах.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Оценочными средствами для текущего контроля успеваемости являются: ответы на контрольные вопросы, выполнение практических заданий, реферат, доклад.

4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля.

4.1.1 Темы рефератов и докладов

В процессе подготовки докладов и рефератов формируются и оцениваются требуемые ФГОС и ООП для направления 11.03.04 Электроника и наноэлектроника профиля «Нанотехнологии в электронике» компетенции – ОПК-2; ПК-1; ПК-3.

Ниже приводятся примеры докладов и рефератов для рабочей программы.

1. Наночастицы и наноструктуры в современной электронике.
2. Наночастицы и наноструктуры в перспективной электронике.
3. Углеродная наноэлектроника.
4. Молекулярная наноэлектроника.
5. Диоды на основе углеродных нанотрубок.
6. Транзисторы на основе углеродных нанотрубок.
7. Электронные приборы на основе боразотных и боркарбонитридных нанотрубок.
8. Диоды на основе графена.
9. Транзисторы на основе графена.
10. Электронные приборы на основе графеновых нанонитей и островных наноструктур.
11. Электронные устройства на квантовых точках полупроводниковых материалов.
12. Электронные устройства на нанонитях полупроводниковых материалов.
13. Электронные устройства на нанотрубках полупроводниковых материалов.
14. Кремниевая наноэлектроника.
15. Кремниевые и германиевые наноструктуры в электронике.
16. Кремниевые гетеронаноструктуры в электронике.
17. Наноструктуры GaN, InP, InAs в электронике.
18. Оксидные наноструктуры ZnO и CdO в электронике.
19. Сульфидные наноструктуры ZnS и CdS в электронике.
20. Сульфидные наноструктуры PbS и SnS₂ в электронике.
21. Селенидные наноструктуры ZnSe, CdSe, PbSe в электронике и оптоэлектронике.
22. Теллуридные наноструктуры ZnTe, CdTe, PbTe в электронике и оптоэлектронике.
23. Нанопленки полупроводниковых материалов в электронике.
24. Полупроводниковые наноструктуры для наносенсоров и нанодатчиков.
25. Нанонити и нанопровода на основе металлов в наноэлектронике.
26. Нанопленки металлов и их перспективы применения в наноэлектронике.
27. Компьютерное моделирование наноразмерных элементов квантовой электроники.
28. Методы компьютерного моделирования наноструктур для оптоэлектроники.
29. Компьютерное моделирование свойств и характеристик наносенсоров.

Перечень частей компетенций, проверяемых оценочным средством:

ОПК-2: знать основные проблемы развития современной наноэлектроники за рубежом и в РФ; уметь выявлять естественнонаучную сущность проблем в разработках в области наноэлектроники.

ПК-1: знать основные схемы электронных устройств на основе наноструктур, особенности производства наноструктур и наноматериалов для электронных устройств; уметь разрабатывать схемы электронных устройств на основе наноструктур, разрабатывать схемы производства наноструктур и наноматериалов для электронных устройств.

ПК-3: знать основные направления развития и современной наноэлектроники за рубежом и в РФ; анализировать информацию по ведущимся разработкам в области наноэлектроники и выделять из них наиболее перспективные к реализации.

Критерии оценки доклада:

Отметка «зачтено» выставляется студенту, если доклад соответствует предъявляемым к нему требованиям по объему и структуре и высказано собственное суждение по рассматриваемой теме.

Отметка «не зачтено» выставляется студенту, если в докладе отсутствует соответствие между заданной темой реферативной работы и изученными научными источниками, источник плохо проанализирован, собственных суждений по докладу студент не имеет.

Критерии оценки реферата:

– оценка «отлично» выставляется студенту, если реферат соответствует предъявляемым к нему требованиям по объему, структуре, оформлению и при написании реферата студентом была глубоко изучена научная литература, отражены существующие в науке точки зрения и высказано собственное суждение по рассматриваемой теме.

– оценка «хорошо» выставляется студенту, если реферат соответствует предъявляемым к нему требованиям по объему, структуре, оформлению и при написании реферата им была изучена научная литература, отражены существующие в науке точки зрения, но не высказано собственное суждение

по рассматриваемой теме, имеются незначительные пробелы в изложении научного материала по теме.

– оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если при написании реферата вопросы темы раскрыты недостаточно полно, имеются недостатки в оформлении реферативной работы.

– оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если в реферате присутствует плагиат, студент не проявил самостоятельности при выполнении научной работы, заимствовал материал, отсутствует соответствие между темой реферативной работы и изученными научными источниками; работа выполнена с грубыми нарушениями требований к оформлению, при защите реферата студентом продемонстрировано отсутствие знаний необходимого материала по теме.

4.1.2 Примеры практических заданий

В процессе подготовки и выполнения практических заданий формируются и оцениваются требуемые ФГОС и ООП для направления 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника профиля "Нанотехнологии в электронике" компетенции – ОПК-2; ПК-1; ПК-3.

Ниже приводятся примеры практических заданий для рабочей программы.

1. Предложите и обоснуйте схему наноразмерного диода на основе углеродной нанотрубки/нанотрубок.

2. Предложите и обоснуйте схему наноразмерного диода на основе графеновой наночастицы.

3. Предложите и обоснуйте схему наноразмерного диода на основе кремниевой нанонити.

4. Предложите и обоснуйте схему наноразмерного транзистора на основе углеродной нанотрубки.

5. Предложите и обоснуйте схему наноразмерного транзистора на основе графеновой наночастицы.

6. Предложите и обоснуйте схему наноразмерного диода на основе кремниевой нанонити.

Перечень частей компетенций, проверяемых оценочным средством:

ОПК-2: знать основные проблемы развития современной нанoeлектроники за рубежом и в РФ; уметь выявлять естественнонаучную сущность проблем в разработках в области нанoeлектроники.

ПК-1: знать основные схемы электронных устройств на основе наноструктур, особенности производства наноструктур и наноматериалов для электронных устройств; владеть навыками лабораторного получения наноструктур и наноматериалов для электронных устройств в рамках разработанных моделей.

ПК-3: знать основные направления развития и современной нанoeлектроники за рубежом и в РФ; уметь анализировать информацию по ведущимся разработкам в области нанoeлектроники и выделять из них наиболее перспективные к реализации; владеть приемами анализа научно-технической информации по ведущимся разработкам в области нанoeлектроники.

Критерии оценки:

- оценка **«отлично»**: студент свободно отвечает на данные выше вопросы, активно участвует в дискуссии и в работе научного коллектива, речь отличается грамотностью, использованием профессионально-ориентированной терминологии; допустимы заминки и непродолжительные остановки;

- оценка **«хорошо»**: студент отвечает на данные выше вопросы, участвует в дискуссии и в работе научного коллектива, речь отличается грамотностью, использованием профессионально-ориентированной терминологии; но присутствуют непродолжительные остановки и негрубые ошибки;

- оценка **«удовлетворительно»**: студент не дает полноценного связного ответа на вопрос, но коммуникативный замысел просматривается и в целом содержание можно считать верным, у студента присутствуют некоторые трудности в участии в беседе и работе в научном коллективе, большое количество ошибок в определении рабочих понятий; студент не владеет в достаточной степени навыком филологического анализа текстов романтизма и реализма;

- оценка **«неудовлетворительно»**: студент не дает связного ответа на вопрос или высказывания поверхностны и неясны, у студента трудности в участии в беседе и работе в научном коллективе, большое количество ошибок в определении рабочих понятий.

4.1.3 Контрольные вопросы по учебной программе

Ниже приводятся примеры контрольных вопросов по разделу «Электронные устройства на наноструктурах» рабочей программы. Полный комплект контрольных вопросов для основных разделов рабочей программы приводится в ФОС дисциплины «Нанoeлектроника».

1. Как изменяются электронные свойства углеродных нанотрубок с увеличением их длины и толщины?
2. Какие основные параметры углеродных нанотрубок определяют их применение в электронных устройствах?
3. Как изменяются электронные характеристики графеновых наноструктур с увеличением их длины/толщины?
4. Какие основные параметры графеновых наноструктур определяют их применение в электронных устройствах?

Перечень частей компетенций, проверяемых оценочным средством:

ОПК-2: знать основные проблемы развития современной нанoeлектроники за рубежом и в РФ; уметь выявлять естественнонаучную сущность проблем в разработках в области нанoeлектроники.

ПК-1: знать основные схемы электронных устройств на основе наноструктур, особенности производства наноструктур и наноматериалов для электронных устройств; владеть навыками лабораторного получения наноструктур и наноматериалов для электронных устройств в рамках разработанных моделей.

ПК-3: знать основные направления развития и современной нанoeлектроники за рубежом и в РФ; уметь анализировать информацию по ведущимся разработкам в области нанoeлектроники и выделять из них наиболее перспективные к реализации; владеть приемами анализа научно-технической информации по ведущимся разработкам в области нанoeлектроники.

Критерии оценки:

Оценка «**зачтено**» ставится, если продемонстрирован достаточный уровень эрудированности студента, выводы и наблюдения самостоятельны, соблюдена культура устного и письменного изложения материала и в целом продемонстрированы знания и умения необходимых компетенций.

Оценка «**не зачтено**» ставится, если студент не может дать правильные ответы на 80% вопросов или не соблюдены хотя бы 2 из оставшихся требований.

4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.

4.2.1 Вопросы, выносимые на экзамен по дисциплине «Нанoeлектроника» для направления подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника профиля "Нанотехнологии в электронике".

4.2.1 Вопросы для подготовки к экзамену

1. Предмет нанoeлектроники. Основные понятия и терминология нанoeлектроники.
2. Фундаментальные закономерности, определяющих свойства наноразмерных структур, используемые в нанoeлектронике.
3. Экономические и технологические основы перехода от элементов микроэлектроники к нанoeлектронике.
4. Эволюция полупроводниковой электроники. Приближения размеров твердотельных структур к нанометровой области. Основные преимущества приборов на основе квантоворазмерных структур по сравнению с классическими полупроводниковыми приборами.
5. Реализация одноэлектронного транзистора в полупроводниковой, углеродной, молекулярной электронике.
6. Особенности физики полупроводников в мезо- и наноскопические системах. Характеристические длины в мезоскопических системах. Квантово-механическая когерентность.
7. Применения потенциальных ям конечной глубины (прямоугольная, параболическая, треугольная) для описания свойств наноструктур. Плотность состояний и размерность наносистемы.
8. Квантовые ямы, квантовые нити, квантовые точки.

9. Транспорт носителей заряда вдоль потенциальных барьеров в наноструктурах: фазовая интерференция электронных волн, квантовый эффект Холла, приборы на интерференционных эффектах.

10. Туннелирование носителей заряда. Структуры с вертикальным переносом и квантовые сверхрешётки. Одноэлектронное туннелирование.

11. Приборы на эффекте одноэлектронного туннелирования.

12. Спиновые эффекты в наноструктурах. Гигантское магнитосопротивление. Спин-зависимое туннелирование. Спинтронные приборы.

13. Традиционные методы нанесения плёночных наноструктур.

14. Методы выращивания нанонитей и нанотрубок.

15. Нанолитография. Сравнение нанолитографических методов.

16. Манипулирование наноструктурами и их модифицирование с помощью спектроскопии СТМ и АСМ. Физические процессы, используемые для атомных манипуляций.

17. Примеры наноструктур, сформированных с помощью методов СТМ и АСМ.

18. Улучшение характеристик Si-основанных приборов с помощью наноструктур. Использование «напряженного кремния». Новые подзатворные наноматериалы с лучшими по сравнению с SiO₂ диэлектрическими характеристиками.

19. Использование нанопроводов для решения проблемы межсоединений.

20. Квантовый интерференционный транзистор и одноэлектронный транзистор,

21. Транзистор на горячих электронах, туннельно-резонансный диод и транзистор.

22. Углеродные нанотрубки (УНТ) в нанoeлектронике. Диоды на УНТ.

23. Транзисторы на УНТ.

24. Электронные логические элементы на УНТ. Элементы памяти на УНТ.

25. Перспективы и преимущества графеновой электроники.

26. Транзисторные структуры на основе графена.

27. Лазеры с квантовыми ямами и точками. Фотоприёмники на квантовых ямах.

28. Приборы и устройства на интерференционных эффектах.

29. Нанокomпьютеры.

30. Получение и применение квантово-размерных Si-Ge наноструктур.

31. Оптические и фотоэлектрические свойства Si-Ge наноструктур.

32. Спинтронные устройства. Считывающая магнитная головка на гигантском магнитосопротивлении.

33. Элементы энергонезависимой памяти на основе эффекта гигантского магнитосопротивления и спин-зависимом туннелировании. Спин-вентильный транзистор.

34. Электронные сенсоры на основе углеродных и боразотных нанотрубок.

35. Электронные сенсоры на основе наноструктурированных оксидных полупроводников.

36. Электронные сенсоры на основе полупроводниковых нанонитей.

37. Нанобиоэлектроника. Жидкостные транзисторы. Ячейки памяти и логические элементы.

Перечень частей компетенций, проверяемых оценочным средством:

ОПК-2: знать основные проблемы развития современной нанoeлектроники за рубежом и в РФ; уметь выявлять естественнонаучную сущность проблем в разработках в области нанoeлектроники; владеть навыками анализа взаимосвязей между физико-химическими характеристиками наноструктур и их применимостью для приборов электроники.

ПК-1: знать основные схемы электронных устройств на основе наноструктур, особенности производства наноструктур и наноматериалов для электронных устройств; уметь разрабатывать схемы электронных устройств на основе наноструктур, разрабатывать схемы производства наноструктур и наноматериалов для электронных устройств; владеть навыками лабораторного получения наноструктур и наноматериалов для электронных устройств в рамках разработанных моделей.

ПК-3: знать основные направления развития и современной нанoeлектроники за рубежом и в РФ; уметь анализировать информацию по ведущимся разработкам в области нанoeлектроники и выделять из них наиболее перспективные к реализации; владеть приемами анализа научно-технической информации по ведущимся разработкам в области нанoeлектроники.

Образец экзаменационного билета

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кубанский государственный университет»
(ФГБОУ ВО «КубГУ»)
Кафедра радиофизики и нанотехнологий
11.03.04 Электроника и нанoeлектроника («Нанотехнологии в электронике»)
Дисциплина «Нанoeлектроника»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

1. Предмет нанoeлектроники. Основные понятия и терминология нанoeлектроники..
2. Улучшение характеристик Si-основанных приборов с помощью наноструктур. Использование „напряженного кремния”. Новые подзатворные наноматериалы с лучшими по сравнению с SiO₂ диэлектрическими характеристиками.

Зав. кафедрой
радиофизики и нанотехнологий

Копытов Г.Ф.

Оценка знаний на экзамене производится по следующим *критериям*:

– отметка «**отлично**» выставляется студенту, если ответ полный, правильный, самостоятельный, материал изложен в определенной логической последовательности демонстрируется многосторонность подходов, многоаспектность обсуждения проблемы, умение аргументировать собственную точку зрения;

– отметка «**хорошо**» выставляется студенту, если ответ полный и правильный на основе изученных концепций и теорий, материал изложен в определённой логической последовательности, при этом допускаются несущественные ошибки или трактовки ситуаций;

– отметка «**удовлетворительно**» выставляется студенту, если ответ полный, но допущена существенная смысловая ошибка или ответ неполный, несвязный, не проявляются умения обобщать, анализировать, формулировать выводы;

– отметка «**неудовлетворительно**» выставляется, если ответ обнаруживает незнание основного содержания учебного материала.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на зачете;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля).

5.1 Основная литература:

1. Дробот П. Н. Нанoeлектроника [Электронный ресурс]: учебное пособие. Томск: ТУСУР. – 2016. – 286 с. – Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=480771
2. Драгунов, В. П. Нанoeлектроника в 2 ч. [Электронный ресурс]. Часть 1. - 3-е изд., испр. и доп. - Москва : Юрайт. – 2017. - 285 с. – Режим доступа - <https://biblio-online.ru/book/72F450AA-7472-41DF-89F3-06FC66EFB254>.
3. Нанoeлектроника [Электронный ресурс]. Учебник для бакалавриата и магистратуры. Сигов А.С. - отв. ред. – 297 с. – Режим доступа: <https://biblio-online.ru/book/C8153254-ABAC-446C-A57B-5DF248ED0164>
4. Шука А. А. Нанoeлектроника [Электронный ресурс] : учебник для бакалавриата и магистратуры / А. А. Шука ; под общ. ред. А. С. Сигова. - Москва : Юрайт, 2018. - 297 с. – Режим доступа - <https://biblio-online.ru/book/C8153254-ABAC-446C-A57B-5DF248ED0164>.

Для освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья имеются издания в электронном виде в электронно-библиотечных системах «Лань» и «Юрайт».

5.2 Дополнительная литература

1. Нанотехнологии в электронике-3.1. Под редакцией Чаплыгина Ю.А. Москва: Техносфера, 2016. 480 с. – Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=444856
2. Нанoeлектроника: теория и практика [Электронный ресурс] : учеб. / В. Е. Борисенко [и др.]. - 4-е. - Москва : Лаборатория знаний, 2015. – 369 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/84103>.
3. Основы нано- и функциональной электроники [Электронный ресурс]. Смирнов Ю.А., Соколов С.В., Титов Е.В. Издательство "Лань". – 2013. 2-е изд., испр. – 320 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/5855>
4. Микроэлектроника: основы молекулярной электроники. 2-е изд., испр. и доп. Учебное пособие для вузов. Плотников Г.С., Зайцев В.Б. – М.: МГУ – 2017. с 166. – Режим доступа: <https://biblio-online.ru/book/A5FC8C89-8C38-4975-B21D-55FA48F76917>
5. Оптоэлектроника и нанofотоника [Электронный ресурс] : учебное пособие / Игнатов А. Н. - СПб. : Лань, 2017. - 596 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/95150>.
6. Современная оптика и фотоника нано- и микросистем [Электронный ресурс] / Кульчин Ю. Н. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2016. - 440 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/91158>.
7. Физические основы кремниевой нанoeлектроники [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Г. И. Зебрев. - 3-е изд. (эл.). - Москва: Лаборатория знаний, 2015. - 243 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/66216>.
8. Электронные свойства и применение нанотрубок [Электронный ресурс] : монография / П. Н. Дьячков. - 3-е изд. (эл.). - Москва : Лаборатория знаний, 2015. - 491 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/66217>.
9. Полупроводник и ферромагнетик монооксид европия в спинтронике [Электронный ресурс] : монография / А. С. Борухович, А. В. Трошин. - 1-е изд. - Санкт-Петербург : Лань, 2017. - 288 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/90864>.

5.3. Периодические издания:

1. Научно-теоретический журнал «Физика твердого тела»
2. Научно-теоретический журнал «Журнал экспериментальной и теоретической физики»
3. Научно-теоретический журнал «Письма в ЖЭТФ»
4. Научный обзорный журнал «Успехи физических наук»
5. Научно-производственный журнал «Нанотехнологии. Экология. Производство».
6. Научный обзорный журнал «Российские нанотехнологии».

6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля).

1. Научная электронная библиотека: <http://elibrary.ru>
2. Научная электронная библиотека: <http://cyberleninka.ru/>
3. Полнотекстовые архивы ведущих западных научных журналов на Российской платформе научных журналов НЭИКОН: <http://archive.neicon.ru>
4. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»: <http://window.edu.ru/window>
5. Техническая библиотека: <http://techlibrary.ru/>
6. Федеральный образовательный портал: http://www.edu.ru/db/portal/sites/res_page.htm
7. Естественно-научный образовательный портал: <http://www.en.edu.ru/catalogue/>
8. Электронная библиотечная система издательства «Лань» – тематические коллекции (<http://e.lanbook.com>)
9. Электронная библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» – базовая коллекция (www.biblioclub.ru)
10. Полнотекстовые образовательные и научные базы данных: перечень, описание и условия доступа (www.kubsu.ru/University/library/resources/Poisk2013.php)

7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля).

На самостоятельную работу студентов, согласно требованиям ФГОС ВО по направлению 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника профиля "Нанотехнологии в электронике", отводится около 24,3 % времени (35 часов) от общей трудоемкости дисциплины (144 часов). Сопровождение самостоятельной работы студентов может быть организовано в следующих формах:

- составлением индивидуальных планов самостоятельной работы каждого из студентов с указанием темы и видов занятий, форм и сроков представления результатов;
- проведением консультаций (индивидуальных или групповых), в том числе с применением дистанционной среды обучения.

Критерий оценки эффективности самостоятельной работы студентов формируется в ходе промежуточного контроля процесса выполнения заданий и осуществляется на основе различных способов взаимодействия.

В соответствии с этим при проведении оперативного контроля могут использоваться контрольные вопросы к соответствующим разделам основной дисциплины «Нанoeлектроника».

Контроль осуществляется посредством устного опроса студентов по окончании изучения тем учебной дисциплины и выполнения письменных контрольных работ.

Сопровождение самостоятельной работы студентов также организовано в следующих формах:

- усвоение, дополнение и вникание в разбираемые разделы дисциплины при помощи знаний получаемых по средствам изучения рекомендуемой литературы;
- путем написания реферативных работ и анализ результата их открытого доклада;
- консультации, организованные для разъяснения проблемных моментов при самостоятельном изучении тех или иных аспектов разделов усваиваемой информации в дисциплине.

К средствам обеспечения освоения дисциплины «Нанoeлектроника» также относятся электронные варианты дополнительных учебных, научно-популярных и научных изданий по данной дисциплине.

Рекомендуется следующий график и календарный план самостоятельной работы студентов по учебным неделям (12 недель):

Типовые задания для самостоятельной работы студентов

№ темы	Тема или задание текущей работы	Кол-во часов	Форма представления результатов	Сроки выполнения (недели)
1	Введение в предмет. Основные тенденции развития нанoeлектроники.	2	Выполнение практических занятий.	1

2	Эволюция полупроводниковой электроники в направлении к нанoeлектронике. Одноэлектронные устройства.	4	Устный ответ. Доклад. Реферат.	2
3	Физические принципы нанoeлектроники.	6	Выполнение практических занятий. Доклад. Реферат.	3
4	Технология создания твердотельных наноструктур.	4	Устный ответ. Доклад. Реферат.	2
5	Электронные устройства на наноструктурах.	6	Устный ответ. Доклад. Реферат.	3
6	Применение квантово-размерных структур в приборах нанoeлектроники.	6	Устный ответ. Доклад.	3
7	Спинтронные устройства.	4	Устный ответ. Доклад.	2
8	Применение наноструктур в датчиках и электронных детекторах.	6	Устный ответ. Доклад.	3
9	Элементы нанобиoeлектроники.	5	Доклад.	2
Итого:		43		21

Занятия лекционного типа являются одной из основных форм обучения студентов, во время которых студентам предоставляется возможность ознакомиться с основными научно-теоретическими положениями, проблемами дисциплины, получить необходимое направление и рекомендации для самостоятельной работы с учебниками, учебными пособиями, при подготовке к семинарским занятиям. Лекция является результатом кропотливой подготовки преподавателя, изучения и обобщения научной и учебной литературы. Столь же усердной должна быть и подготовка студента накануне лекции, посредством изучения соответствующей учебной литературы, повторения ранее пройденных тем.

Во время лекции следует записать дату ее проведения, тему, план лекции, вопросы, которые выносятся на самостоятельное изучение, отметить новинки учебной и научной литературы, рекомендованные лектором. Студентам рекомендуется конспектировать ее основные положения, не стоит пытаться дословно записать всю лекцию, поскольку скорость лекции не рассчитана на дословное воспроизведение выступления лектора в конспекте, тем не менее она является достаточной для того, чтобы студент смог не только усвоить, но и зафиксировать на бумаге сущность затронутых лектором проблем, выводы, а также узловые моменты, на которые обращается особое внимание в ходе лекции. На лекции студенту рекомендуется иметь на столах помимо конспектов также программу курса, которая будет способствовать развитию мнемонической памяти, возникновению ассоциаций между выступлением лектора и программными вопросами. В случае возникновения у студента по ходу лекции вопросов, их следует задавать сразу же или в конце лекции в специально отведенное для этого время.

Лабораторные работы составляют важную часть профессиональной подготовки студентов. Они направлены на экспериментальное подтверждение теоретических положений и формирование учебных и профессиональных практических умений.

Выполнение студентами лабораторных работ направлено на:

- обобщение, систематизацию, углубление, закрепление полученных теоретических знаний по конкретным темам дисциплин;

- формирование необходимых профессиональных умений и навыков;

Методические указания по проведению лабораторных работ разрабатываются на срок действия рабочей программы дисциплины и включают:

- заглавие, в котором указывается вид работы (лабораторная), ее порядковый номер, объем в часах и наименование;

- цель работы;

- предмет и содержание работы;

- порядок (последовательность) выполнения работы;
- общие правила к оформлению работы;
- контрольные вопросы и задания;
- список литературы (по необходимости).

Состав заданий для лабораторной работы должен быть спланирован с таким расчетом, чтобы за отведенное время они могли быть качественно выполнены большинством студентов.

Необходимыми структурными элементами лабораторной работы, помимо самостоятельной деятельности студентов, являются инструктаж, проводимый преподавателем, а также организация обсуждения итогов выполнения лабораторной работы.

Выполнению лабораторных работ предшествует проверка знаний студентов – их теоретической готовности к выполнению задания.

Порядок проведения лабораторных работ в целом совпадает с порядком проведения практических занятий. Помимо собственно выполнения работы для каждой лабораторной работы предусмотрена процедура защиты, в ходе которой преподаватель проводит устный или письменный опрос студентов для контроля понимания выполненных ими измерений, правильной интерпретации полученных результатов и усвоения ими основных теоретических и практических знаний по теме занятия.

Самостоятельная работа содержит следующие виды учебной деятельности студентов:

- теоретическую самоподготовку к лабораторным занятиям и к зачету по конспектам и учебной литературе;
- оформление отчетов по результатам лабораторных работ (о выполненной лабораторной работе студенты отчитываются преподавателю на следующем (очередном) лабораторном занятии);
- подготовка реферата по одной из тем учебной дисциплины;
- подготовка презентации по теме реферата и выступление с докладом на одном из лекционных занятий.

Студенту необходимо систематически работать в течение семестра по изучению теоретического материала и приобретению навыков экспериментальной работы.

Для запоминания лекционного материала (в том числе и в период подготовки к зачету) студенту необходимо хорошо знать свойства памяти и активно пользоваться мнемотехническими приемами, известными из учебной дисциплины «Психология и педагогика». Методические рекомендации по запоминанию можно найти и в Интернете по ключевым словам: «память»,

«мнемоника», «мнемотехника», «как запомнить учебный материал». Желательно также ознакомиться с приемами конспектирования, т.е. со способами сокращения записи слов и словосочетаний, например, применяемыми в словарях и энциклопедиях.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

При подготовке доклада, который представляет собой научное сообщение, студенты творчески проводят поиск литературных источников и их анализ в соответствии с выбранной тематикой.

Доклад — это результат самостоятельной работы студента, представляющий собой краткое устное изложение в течении 5-8 минут результатов теоретического анализа или экспериментального исследования в рамках определенной научной темы. В ходе публичного доклада студент должен раскрыть суть анализируемой работы и высказать собственные взгляды на рассматриваемые проблемы.

Подготовка докладов необходима в целях приобретения студентами необходимой профессиональной подготовки, развития умения и навыков самостоятельного поиска и анализа научных источников. С помощью доклада студенты при его прослушивании глубже постигают сложные проблемы курса, учатся лаконично пересказывать содержимое научных источников, обобщать выводы и делать заключение.

Подготовка доклада способствует формированию умения поиска научных источников и развитию умения анализировать научные статьи и сообщения.

Качество доклада оценивается по тому, насколько его содержание соответствует заданной теме, какие использованы первоисточники, насколько последовательно он изложен.

Реферат — это результат самостоятельной работы студента, представляющий собой краткое изложение в письменной форме полученных результатов теоретического анализа определенной на-

учной темы, где автор должен раскрыть суть исследуемой проблемы, привести существующие разные научные точки зрения, высказать собственные взгляды на рассматриваемые проблемы.

При подготовке реферата, который представляет собой научное сообщение, студент должен изучить и обобщить научную литературу. На основе изученного материала студент раскрывает содержание выбранной темы реферата, акцентируя внимание на актуальные и проблемные вопросы. Реферат должен быть оформлен в соответствии с требованиями, предъявляемыми для оформления письменных работ.

Написание реферата необходимо в целях приобретения студентами необходимой профессиональной подготовки, развития умения и навыков самостоятельного научного поиска. С помощью реферата студент глубже постигает наиболее сложные проблемы дисциплины, учиться лаконично излагать свои мысли, докладывать результаты своего труда.

Подготовка реферата способствует формированию научной культуры у выпускника, закреплению у него научных знаний, развитию умения самостоятельно анализировать различные научные источники.

Оформление реферата:

1. Реферат должен иметь следующую структуру: а) план; б) введение; в) изложение основного содержания темы; г) заключение; д) список использованной литературы.

2. Общий объём – 8-10 с. основного текста.

3. Перед написанием должен быть составлен план работы, который обычно включает 2–3 вопроса. План не следует излишне детализировать, в нём перечисляются основные, центральные вопросы темы.

4. В процессе написания работы студент имеет право обратиться за консультацией к преподавателю.

5. В основной части работы большое внимание следует уделить глубокому теоретическому освещению основных вопросов темы, правильно увязать теоретические положения с практикой, конкретным фактическим и цифровым материалом.

6. В реферате обязательно отражается использованная литература, которая является завершающей частью работы.

7. Особое внимание следует уделить оформлению.

8. При защите реферата выставляется дифференцированная оценка.

9. Реферат, не соответствующий требованиям, предъявляемым к данному виду работы, возвращается на доработку.

Рефераты выполняют на листах формата А4. Страницы текста, рисунки, формулы нумеруют. Текст следует печатать шрифтом № 12 с интервалом между строками в 1,5 интервала.

Качество реферата оценивается по тому, насколько полно раскрыто содержание темы, использованы первоисточники, логичное и последовательное изложение. Оценивается и правильность подбора основной и дополнительной литературы (ссылки по правилам: фамилии и инициалы авторов, название книги, место издания, издательство, год издания, страница).

Объективность оценки работы преподавателем заключается в определении ее положительных и отрицательных сторон, по совокупности которых он окончательно оценивает представленную работу. При отрицательной рецензии работа возвращается на доработку с последующим представлением на повторную проверку с приложением замечаний, сделанных преподавателем.

С точки зрения методики проведения семинар представляет собой комбинированную, интегративную форму учебного занятия. Для подготовки и точного и полного ответа на семинарском занятии студенту необходимо серьезно и основательно подготовиться. Для этого он должен уметь работать с учебной и дополнительной литературой, а также знать основные критерии для написания реферата или подготовки доклада, если семинар проходит в данной форме. В конце занятия, после подведения его итогов преподавателем студентам рекомендуется внести изменения в свои конспекты, отметить информацию, прозвучавшую в выступлениях других студентов, дополнения, сделанные преподавателем и не отраженные в конспекте.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и

обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю).

8.1 Перечень информационных технологий.

В настоящее время все более возрастает роль информационно-социальных технологий в образовании, которые обеспечивают всеобщую компьютеризацию учащихся и преподавателей на уровне, позволяющем решать следующие основные задачи:

- обеспечение выхода в сеть Интернет каждого участника учебного процесса в любое время и из различных мест пребывания;
- развитие единого информационного пространства образовательных индустрий и присутствие в нем в различное время и независимо друг от друга всех участников образовательного и творческого процесса;
- создание, развитие и эффективное использование управляемых информационных образовательных ресурсов, в том числе личных пользовательских баз и банков данных и знаний учащихся и педагогов с возможностью повсеместного доступа для работы с ними.

Информационные образовательные технологии возникают при использовании средств информационно-вычислительной техники. Образовательную среду, в которой осуществляются образовательные информационные технологии, определяют работающие с ней компоненты:

- техническая (вид используемых компьютерной техники и средств связи);
- программно-техническая (программные средства поддержки реализуемой технологии обучения);
- организационно-методическая (инструкции учащимся и преподавателям, организация учебного процесса).

Под образовательными технологиями в высшей школе понимается система научных и инженерных знаний, а также методов и средств, которые используются для создания, сбора, передачи, хранения и обработки информации в предметной области высшей школы. Формируется прямая зависимость между эффективностью выполнения учебных программ и степенью интеграции в них соответствующих информационно-коммуникационных технологий.

Информационная образовательная среда представляет собой информационную систему, объединяющую посредством сетевых технологий, программные и технические средства, организационное, методическое и математическое обеспечение, предназначенное для повышения эффективности и доступности образовательного процесса подготовки специалистов.

Характерной чертой образовательной среды является возможность студентов и преподавателей обращаться к структурированным учебно-методическим материалам, обучающим мультимедийным комплексам всего университета в любое время и в любой точке пространства. Помимо доступности учебного материала, необходимо обеспечить обучаемому возможность связи с преподавателем, получение консультации в он-лайн или офф-лайн режимах, а также возможность получения индивидуальной «навигации» в освоении того или иного предмета. Студенты будут стремиться к гибкому режиму обучения, модульным программам с многочисленными поступлениями и отчислениями, которые позволят накапливать зачетные единицы, свободно переводиться из одного вуза в другой с учетом предыдущего опыта, знаний и навыков. По-прежнему важной для студентов останется возможность личного развития и профессионального роста; программы получения степени и короткие курсы, возможно, будут пользоваться одинаковым спросом; резко возрастет потребность в программах профессионального обучения и аспирантских программах.

Разработчики дистанционного образования конкретизируют индивидуализацию образовательного поведения следующим образом, считая, что в дистанционном образовании наиболее ярко проявляются черты личностно-ориентированного способа обучения: гибкость, модульность, доступность, рентабельность, мобильность, охват, технологичность, социальное равноправие, интернациональность.

Важнейшие направления информатизации образования заключаются в следующем:

- реализация виртуальной информационно-образовательной среды на уровне учебного заведения, предусматривающая выполнение комплекса работ по созданию и обеспечению технологии

его функционирования;

- системная интеграция информационных технологий в образовании, поддерживающих процессы обучения, научных исследований и организационного управления;
 - построение и развитие единого образовательного информационного пространства.
- Навыки пользования информационными технологиями включают в себя:
- базовые навыки (использование клавиатуры, мыши, принтера, операции с файлами и дисками);
 - владение стандартным программным обеспечением (обработка текстов, создание таблиц, баз данных и т.д.);
 - использование сетевых приложений (электронной почты, Интернета, веб-браузеров).

Таким образом, накопленный опыт применения информационных и дистанционных технологий в учебном процессе в различных вариантах позволяет говорить об определенных преимуществах подобных форм организации учебного процесса:

- становится возможной принципиально новая организация самостоятельной работы студентов;
- возрастает интенсивность учебного процесса;
- у студентов появляется дополнительная мотивация к познавательной деятельности;
- доступность учебных материалов в любое время;
- возможность самоконтроля степени усвоения материала по каждой теме неограниченное количество раз.

Следует отметить, что по мере накопления образовательных информационных ресурсов дистанционные технологии займут достойное место в образовательном процессе вуза, и станет возможным формирование на их основе разного уровня программ подготовки и переподготовки специалистов.

8.2 Перечень необходимого программного обеспечения.

1. Операционная система MS Windows (© Microsoft Corporation).
2. Интегрированное офисное приложение MS Office (© Microsoft Corporation).
3. Программное обеспечение для организации управляемого и безопасного доступа в Интернет.
4. Программное обеспечение для безопасной работы на компьютере – файловый антивирус, почтовый антивирус, веб-антивирус и сетевой экран.

8.3 Перечень информационных справочных систем

1. Электронная библиотечная система eLIBRARY.RU:
<http://www.elibrary.ru>
2. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»:
<http://window.edu.ru/window>
3. Рубрикон – крупнейший энциклопедический ресурс Интернета:
<http://www.rubricon.com/>
4. Аннотированный тематический каталог Интернет ресурсов по физике:
<http://www.college.ru/>
5. Каталог научных ресурсов:
<http://www.scintific.narod.ru/literature.htm>
6. Большая научная библиотека:
<http://www.sci-lib.com/>
7. Естественно-научный образовательный портал:
<http://www.en.edu.ru/catalogue/>
8. Техническая библиотека:
<http://techlibrary.ru/>
9. Электронная библиотечная система издательства «Лань» – тематические коллекции (<http://e.lanbook.com>)
10. Электронная библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» – базовая коллекция (www.biblioclub.ru)

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю).

Успешная реализация преподавания дисциплины «Нанoeлектроника» предполагает наличие необходимого для реализации программы бакалавриата перечня материально-технического обеспечения:

- лекционные аудитории (оборудованные видеопроекторным оборудованием для презентаций, средствами звуковоспроизведения, экраном, и имеющие выход в Интернет);
- наличие необходимого лицензионного программного обеспечения (операционная система MS Windows XP; интегрированное офисное приложение MS Office).

При использовании электронных изданий вуз должен обеспечить каждого обучающегося во время самостоятельной подготовки рабочим местом в компьютерном классе с выходом в Интернет в соответствии с объемом изучаемых дисциплин.

№	Вид работ	Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и оснащённость
1.	Лекционные занятия	Лекционные аудитории №227 и №144, оснащенные презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) и соответствующим программным обеспечением (ПО).
2.	Лабораторные занятия	Лаборатории в НОЦ «ДССН» КубГУ, оснащенные измерительными приборами и соответствующим оборудованием.
3.	Групповые (индивидуальные) консультации	Лекционные аудитории №227 и №144 Помещение с достаточным количеством посадочных мест и меловой или маркерной доской.
4.	Текущий контроль, промежуточная аттестация	Лекционная аудитория №144 Помещение с достаточным количеством посадочных мест и меловой или маркерной доской.
5.	Самостоятельная работа	Кабинет для самостоятельной работы №204, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения и обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

НОЦ «ДССН» КубГУ		
Лабораторные занятия по дисциплине: «Нанoeлектроника»	Оборудование и программно-техническое оснащение учебно-научной лаборатории:	Кол-во
	Персональные компьютеры:	3
	CPU с частотой более 2,4 ГГц, LCD	3
	Microsoft Office 2003, 2010	3
	Операционная система Windows XP	3
	Вытяжные шкафы химические	2
	Электроплитки химические	2
	Электронные весы	1
	Сушильный шкаф	1
	Растровый электронный микроскоп сверхвысокого разрешения JEOL JSM7500F	1
	Атомно-силовой микроскоп JEOL JSPM 5400	1
	Установка магнетронного напыления Q150T ES	1
	Установка для осаждения тонких пленок CCR Copra Cube ISSA	1
Установка ионно-плазменного напыления CCR	1	

	Сорпа Cube ISSA	
	Микроинтерферометр МИИ-4М	1
	Рабочий стол	4
	Стулья	8

Рецензия

на рабочую программу дисциплины **Б1.В.ДВ.10.02 «Наноэлектроника»**
для студентов 4 курса направления подготовки
11.03.04 Электроника и наноэлектроника (квалификация «бакалавр»)

Рабочая программа дисциплины «Наноэлектроника» включает следующие разделы: цели и задачи дисциплины, место дисциплины в структуре основной образовательной программы, перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы, общую трудоемкость дисциплины, образовательные технологии, формы промежуточной аттестации, описание учебно-методического, информационного и материально-технического обеспечения дисциплины. Рабочая программа соответствует ООП, рабочему учебному плану направления обучения 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, отвечает специфике будущей профессиональной деятельности выпускников, в том числе научно-исследовательской.

В рабочей программе дисциплины «Наноэлектроника» приведены примеры оценочных средств для проведения текущего и промежуточного контроля и критерия оценки уровня знаний обучающихся. В тематическом плане дисциплины выделены следующие составляющие: лекции, лабораторные занятия, а также самостоятельная работа студентов, что отвечает требованию ФГОС ВО.

В рабочей программе дисциплины «Наноэлектроника» содержание соответствует поставленным целям обучения, современному уровню и тенденциям развития науки и производства. Содержания разделов являются оптимальными в соответствии с распределением по видам занятий и трудоемкости в часах. Четко сформулированы планируемые результаты обучения: приобретаемые знания, умения, общие и профессиональные компетенции. Рабочая программа направлена в целом на формирование практических навыков, развития в студентах творческого подхода и системного мышления, достижения навыков исследователя и инженера.

Таким образом, рабочая программа дисциплины «Наноэлектроника» полностью соответствует ФГОС ВО и основной образовательной программе по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника профиля "Нанотехнологии в электронике" (квалификация «бакалавр») и может быть использована в учебном процессе в ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет».

Заведующий кафедрой теоретической физики и
компьютерных технологий КубГУ, д-р физ.-мат. наук



В.А. Исаев

Рецензия

на рабочую программу дисциплины **Б1.В.ДВ.10.02 «Наноэлектроника»**
для студентов 4 курса направления подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника
(квалификация «бакалавр»)

Программу подготовил кандидат химических наук, доцент кафедры радиофизики и нанотехнологий физико-технического факультета ФГБОУ ВО «КубГУ» Бузько Владимир Юрьевич.

Рабочая программа дисциплины «Наноэлектроника» включает следующие разделы: цели и задачи дисциплины, место дисциплины в структуре основной образовательной программы, перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы, общую трудоемкость дисциплины, образовательные технологии, формы промежуточной аттестации, описание учебно-методического, информационного и материально-технического обеспечения дисциплины.

В рабочей программе дисциплины «Наноэлектроника» указаны примеры оценочных средств для контроля результатов обучения. В тематическом плане дисциплины выделены следующие составляющие: лекции, лабораторные занятия и самостоятельная работа студентов, отвечающие требованиям образовательного стандарта. Рабочая программа подготовки бакалавров направления 11.03.04 Электроника и наноэлектроника отвечает специфике будущей научно-исследовательской и профессиональной деятельности выпускников.

Образовательные технологии, применяемые в ходе изучения дисциплины «Наноэлектроника», характеризуются не только общепринятыми формами, но и выполнением индивидуальных практических заданий, активным вовлечением студентов в учебный процесс, использованием лекций с проблемным изложением, обсуждением сложных вопросов и проблем, проведением занятий в режимах взаимодействия «преподаватель – студент» и «студент – преподаватель», открытым выступлением на занятиях перед аудиторией сокурсников.

Таким образом, рабочая программа дисциплины «Наноэлектроника» полностью соответствует ФГОС ВО и основной образовательной программе по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника направленности подготовки "Нанотехнологии в электронике" (квалификация «бакалавр») и может быть использована в учебном процессе в ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет».

начальник бюро патентной и научно-технической информации
АО «КБ «Селена», кандидат физико-математических наук

Куликов О.Н.

Горьисъ Верис

ref

