

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова»

ИНСТИТУТ ИНФОРМАТИКИ, ЭЛЕКТРОНИКИ И РОБОТОТЕХНИКИ

Кафедра электроники и цифровых информационных технологий

Руководитель образовательной
программы _____ Тешев
Р.Ш.
« _____ » _____ 2021 г.

Утверждаю
Директор института ИЭ и Р
_____ Черкесова Н.В.
« _____ » _____ 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Б1.В.01.ДВ.03.01 «ФИЗИКА ПОВЕРХНОСТИ ПОЛУПРОВОДНИКОВ»

11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Профиль:

«Современные информационные технологии в электронной технике»

Квалификация (степень) выпускника

Бакалавр

Форма обучения

очная

Нальчик 2021

Рабочая программа дисциплины Б1.В.ДВ.07.01 «Физика поверхности полупроводников» /сост. Шомахов З.В., Нальчик: ФГБОУ ВО КБГУ, 2021.

Рабочая программа предназначена для преподавания дисциплины (модуля) вариативной части Б1.В.ДВ.07.01 студентам очной формы обучения по направлению: 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника, в 5 семестре, 3 курса

Рабочая программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от «19» 09 2017 г. №927 и зарегистрированного приказом Министерства юстиции Российской Федерации от 10.10.2017 №48494.

© Шебзухов А.А.,
2019

© ФГБОУ ВО КБГУ,
2019

Содержание

	стр
1	5
1.1.	5
1.2.	6
1.3.	7
2	6
3	7
4	8
4.1	8
4.2	10
4.2.1	10
4.2.2	10
4.2.3	
4.2.4	
4.2.5	11
5.	12
5.1.	12
5.1.1.	13
5.1.2.	15
5.1.3.	17
6.	18
7	19
7.1	19
7.2	19
7.3	20
7.4	20
7.5	21
7.5.1	21
7.5.2	
8	22
	24
	25
	31

1. Цели и задачи освоения дисциплины

1.1. Цели освоения дисциплины

Поверхность полупроводников, как самостоятельный объект исследования физики твердого тела, привлекает внимание ученых уже в течение длительного времени (более 90 лет). За это время накоплен значительный экспериментальный и теоретический материал, позволяющий достичь высокого уровня описания различных процессов. Успехи физики поверхности полупроводников послужили научной основой развития наноэлектроники и микроэлектроники, акустоэлектроники, вакуумной техники, элементной базы вычислительных систем и многих других областей приборостроения. Для практических целей чрезвычайно привлекательной оказалась возможность миниатюризации изделий, приведшая к созданию интегральных схем с огромным числом рабочих элементов на малых площадях.

Развитие физики поверхности полупроводников и ее технических приложений выдвинуло ряд новых научных проблем. Главная из них состоит в необходимости проникнуть в микромеханизмы различных поверхностных явлений, вскрыть их причины на атомном уровне и найти взаимосвязь между ними. Решение этой проблемы открывает путь к управлению свойствами поверхностей и межфазных границ. Для его осуществления необходимы эксперименты, проводимые в жестко контролируемых условиях и только на тех объектах, которые можно охарактеризовать с максимальной степенью определенности. Указанные требования выполняются в опытах с атомарно-чистыми гранями полупроводников, специально очищенными от слоя окисла и неконтролируемых примесей.

Ошибочно считать, что такие поверхности в силу своей специфики пригодны лишь для научных исследований. Достижения в разработке методов консервации чистых граней делают последние доступными для решения практических задач. В настоящее время, например, чистые поверхности полупроводников применяются при выращивании эпитаксиальных слоев, в технологии изготовления систем металл-полупроводник (создание совершенных диодов Шоттки, катодов с отрицательным пространственным зарядом). Полученные научные данные составляют теоретический фундамент нано- и микроэлектроники, а также стимулируют дальнейшее развитие других областей науки и техники, охватывающих проблемы, на первый взгляд, далекие от физики поверхности.

Долгое время прогресс в области физики поверхности сдерживался вследствие серьезных трудностей, связанных с технологией сверхвысокого вакуума, и отсутствия достаточного количества эффективных средств исследования. За последние десятилетия ситуация резко изменилась. В разных лабораториях мира, в том числе в КБГУ, достигнуты огромные успехи в разработке новых экспериментальных методов. Широкое распространение получили методы электронной и ионной спектроскопии, сканирующей зондовой микроскопии с нанометровым разрешением, дающие принципиально новую информацию об электронной и атомной структурах поверхности. Количественную теоретическую основу приобрела дифракция медленных электронов, применяемая для структурного анализа поверхности. Эти методы позволяют определять рельеф поверхности образца в режимах сканирующей туннельной и атомарно-силовой микроскопии, распределение локальной работы выхода электронов из проводящего образца в области сканирования. Найдены способы определения динамических, термодинамических, диффузионных и других характеристик чистых граней кристаллов. Все это позволило расширить круг исследований, включив в него не только вопросы, традиционно связанные с электронными явлениями на поверхности, но и атомное строение, фононные спектры и другие характеристики. Достижения в области теории сделали возможным на количественном уровне описать многие поверхностные процессы и объяснить взаимосвязь между ними.

Эти исследования показали, что различия между поверхностью и параллельными ей атомными слоями объема полупроводников имеют место в электронной и фононной подсистемах, а также кристаллической структуре. Кроме того, полученные данные дают основание утверждать, что самые разные свойства пограничных областей полупроводников тесно связаны между собой и взаимопределяют друг друга.

Исходя из изложенного выше, целью преподавания спецкурса «Физика поверхности полупроводников» является ознакомление студентов, обучающихся по направлению «Электроника и нанoeлектроника» с современными представлениями о чистой поверхности полупроводников, сознательно опустив многие детали, связанные с такими крупными самостоятельными проблемами, как адсорбция, катализ, методические тонкости и др.

1.2. Задачи изучения дисциплины

Для достижения указанной выше цели необходимо решить следующие задачи:

а) сообщить студентам сведения по реконструкции, релаксации, динамике и тепловому расширению поверхности полупроводников, а также электронным поверхностным состояниям и общие положения по межфазной границе металл-полупроводник;

б) дать студентам конкретные сведения по специфическим поверхностным суперструктурам на гранях элементарных полупроводников и полупроводниковых соединений ($Ge(hkl)$, $Si(hkl)$, $GaAs(hkl)$, InP и др.).

в) осветить роль отечественных ученых, в том числе ученых КБГУ, в развитии физики поверхности полупроводников.

1.3. Выполнение требований профессиональных стандартов

Изучение дисциплины направлено на подготовку специалистов, способных решать проблемы, возникающие при производстве и эксплуатации изделий электроники и нанoeлектроники с учетом области, типов и задач профессиональной деятельности в соответствии с профессиональными стандартами :

- 40.058 «Инженер-технолог по производству изделий микроэлектроники», который утвержден приказом Минтруда России от 03.07.2019 №480н и зарегистрирован Минюстом России 29.07.2019 №55439;

- 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», который утвержден приказом Минтруда России от 07.09.2015 №593н (В редакции, введенной в действие с 20.01.2019 г. приказом Минтруда России от 14.12.2018 №807н) и зарегистрирован Минюстом России 23.09.2015 г. №38983

2. Место дисциплины «Физика поверхности полупроводников» в структуре ОПОП ВО.

Дисциплина «Физика поверхности полупроводников» в структуре ОПОП ВО относится к вариативной части дисциплин по выбору Б1.В.ДВ.07.01 учебного плана по направлению подготовки ВО 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника по профилю "Современные информационные технологии в электронной технике».

Для изучения спецкурса «Физика поверхности полупроводников» необходимо усвоение следующих разделов из соответствующих дисциплин :

а) из курса общей физики элементы зонной теории твердого тела и основные свойства полупроводников с точки зрения зонной теории;

б) из курса теоретической физики : основные приближенные методы решения одно-электронного уравнения Шредингера в кристаллах, статистика электронов и дырок в полупроводниках, кинетическое уравнение, теория явлений переноса.

Освоение данной дисциплины, в свою очередь, необходимо для успешного усвоения в последующем специальных курсов по современным методам диагностики поверхности твердых тел и жидкостей, технологии получения наноструктур и исследования их специфических свойств, для понимания процессов, лежащих в основе нанотехнологии.

При освоении дисциплины обучающийся сможет частично продемонстрировать следующие обобщенные трудовые функции (ОТФ):

- Разработка единичных технологических процессов и рекомендаций по устранению и предупреждению браков в производстве изделий микроэлектроники (профессиональный стандарт 40.058 «Инженер-технолог по производству изделий микроэлектроники», код В, уровень квалификации - 6).

- Разработка типовых технологических процессов и планировок рабочих мест и производственных участков на производстве изделий микроэлектроники (профессиональ-

ный стандарт 40.058 «Инженер-технолог по производству изделий микроэлектроники», код С, уровень квалификации -6).

- Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур (профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», код С, уровень квалификации -6) .

3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины (модуля)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенции, указанной ниже

Категория компетенции/ тип задач	Код и наименование компетенции	Индикаторы (показатели) достижения компетенций
Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский	ПК-1. Способен строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и микроэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования	ПК-1.1. Умеет строить физические и математические модели моделей, узлов, блоков ПК-1.2. Владеет навыками компьютерного моделирования

Формирование профессиональной (рекомендованной) компетенции ПК-1 осуществляется в соответствии с профессиональными стандартами и ориентирована на выполнение обобщенных трудовых функций (ОТФ) и трудовых функций (ТФ), указанных ниже.

Профессиональная компетенция	Профессиональный стандарт	Обобщенная трудовая функция	Трудовая функция
ПК-1. Способен строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и микроэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования	40.058 «Инженер-технолог по производству изделий микроэлектроники»	В.Разработка единичных технологических процессов и рекомендаций по устранению и предупреждению брака в производстве изделий микроэлектроники	В/01.6 . Анализ причин брака при изготовлении изделий микроэлектроники и разработка рекомендаций по их устранению и предупреждению
		С.Разработка типовых технологических процессов и планировок рабочих мест и производственных участков на производстве изделий микроэлектроники	В/01.6 .Разработка единичных технологических процессов изготовления изделий микроэлектроники
			С/01.6 . Разработка и адаптация типовых технологических процессов изготовления изделий микроэлектроники
	40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур»	С. Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и	С/02.6 . Разработка планировок рабочих мест и участков на производстве изделий микроэлектроники С/01.6. Модернизация существующих и внедрение новых методов и оборудования для измерений

		наноструктур	параметров наноматериалов и наноструктур.
			С/02.6 . Модернизация существующих и внедрение новых процессов и оборудования для модификации свойств наноматериалов и наноструктур

В результате освоения дисциплины студент должен

знать:

- физические свойства атомарно-чистых поверхностей полупроводников и методы их получения;
- новые свойства поверхности элементарных полупроводников и полупроводниковых соединений (и др.) фундаментального характера, установление в последние десятилетия (релаксация, реконструкция др.);

уметь :

- выбирать методы исследования поверхности полупроводников в соответствии со спецификой решаемых задач в научных и производственных организациях, в том числе определении состава поверхностного слоя, атомной структурой и изделий электронных процессов на различных гранях полупроводников.

- оценивать пределы применимости классического подхода, роль и важность квантовых эффектов при описании физических процессов в элементах нанoeлектроники;

владеть :

- методами получения, поддержания и консервации атомарно-чистых поверхностей полупроводников;
- международной терминологией идентификации поверхностных суперструктур в полупроводниках
- методами оценки термодинамических, динамических и диффузионных характеристик поверхности полупроводников и с использованием данных, полученных методами электронной оже-спектроскопии и дифракции медленных электронов.

4.Содержание и структура дисциплины

4.1 Содержание разделов дисциплины

Таблица 1

№ №	Наименование раздела	Темы	Код контролируе- мой компе- тенции (или ее части)	Форма контроля
1	Методы получения и сохранения атомарно-чистых поверхностей полупроводников	Современные методы получения атомарно-чистой поверхности полупроводников. Методы сохранения, консервации и восстановления атомарно-чистой поверхности	ПК-1	Коллоквиум №1, компьютерное тестирование (I)
2	Современные экспериментальные	Дифракция медленных элект-	ПК-1	

	методы исследования атомной структуры, состава и свойств поверхностей полупроводников	тронов. Электронная же спектроскопия. Спектроскопия характеристических потерь энергии электронами. Методы основанные на фотоэлектронной эмиссии (РЭС, УФЭС). Методы ионно-ионной эмиссии (ВИМС, СОРИНЭ)		
	Атомная структура поверхности полупроводников	Поверхностная реконструкция. Суперструктуры на поверхности полупроводников. Физические причины реконструкции поверхности полупроводников. Геометрические модели строения поверхности.	ПК-1	Коллоквиум №2, компьютерное тестирование (II)
4	Колебания поверхностных атомов	Связь $\overline{U^2}$ с коэффициентом квазиупругой силы. Анизотропия колебаний атомов на поверхности. Методика и техника эксперимента. Определения $\overline{U_s^2}$ поверхностных атомов.	ПК-1	
5	Термическое расширение поверхности полупроводников	Силовые постоянные и тепловое расширения поверхности. Экспериментальные методы исследования термического расширения поверхности.	ПК-1	
6	Поверхностная диффузия	Экспериментальные методы изучения поверхностной диффузии. Механизмы поверхностной диффузии.	ПК-1	Коллоквиум №3, компьютерное тестирование (III)

		Результаты экспериментальных исследований по поверхностной диффузии.		
7	Область пространственного заряда в полупроводниках (ОПЗ)	Качественное обоснование существования ОПЗ в полупроводниках. Классическая теория ОПЗ. Структура области ОПЗ. Концентрация избыточных носителей в ОПЗ. Поверхностная проводимость.	ПК-1	
8	Контакт металл-полупроводник	Современные представления о структуре, составе и свойствах контакта металл-полупроводник	ПК-1	

4.2 Структура дисциплины

4.2.1.Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц (108 часов)

Таблица 2

Вид работы	Трудоемкость, часов	
	5 семестр	всего
Общая трудоемкость (в часах)	108	108
Контактная работа (в часах)	34	34
Лекционные занятия (Л)	34	34
Практические занятия (ПЗ)	-	-
Семинарские занятия (СЗ)	-	-
Лабораторные работы (ЛР)	-	-
Самостоятельная работа (в часах)	47	47
Расчетно-графическое задание (РГЗ)	-	-
Реферат (Р)	-	-
Эссе (Э)	-	-
Контрольная работа (К)	-	-
Самостоятельное изучение разделов/тем	-	-
Курсовая работа (КР)	-	-
Курсовой проект (КП)	-	-
Подготовка и прохождение промежуточной аттестации	27	27
Вид про промежуточной аттестации	экзамен	экзамен

Примечание : односеместровая дисциплина.

4.2.2.Лекционные занятия

Таблица 3

№	Тема
1	Современные методы получения атомарно-чистой поверхности полупроводни-

	ков.
2	Методы сохранения, консервации и восстановления атомарно-чистой поверхности
3	Дифракция медленных электронов.
4	Электронная оже спектроскопия.
5	Спектроскопия характеристических потерь энергии электронами. Методы основанные на фотоэлектронной эмиссии (РЭС, УФЭС). Методы ионно-ионной эмиссии (ВИМС, СОРИНЭ)
6	Поверхностная реконструкция. Суперструктуры на поверхности полупроводников.
7	Физические причины реконструкции поверхности полупроводников. Геометрические модели строения поверхности.
8	Связь \overline{U}^2 с коэффициентом квазиупругой силы.
9	Анизотропия колебаний атомов на поверхности. Методика и техника эксперимента. Определения \overline{U}_S^2 поверхностных атомов.
10	Силовые постоянные и тепловое расширения поверхности.
11	Экспериментальные методы исследования термического расширения поверхности.
12	Экспериментальные методы изучения поверхностной диффузии.
13	Механизмы поверхностной диффузии. Результаты экспериментальных исследований поверхностной диффузии.
14	Качественно обоснование существования ОПЗ в полупроводниках.
15	Классическая теория ОПЗ. Структура области ОПЗ.
16	Концентрация избыточных носителей в ОПЗ. Поверхностная проводимость.
17	Современные представления о структуре, составе и свойствах контакта металл-полупроводник

4.2.3.Лабораторные работы - (не предусмотрены по учебному плану)

4.2.4.Практические занятия (семинары) - (не предусмотрены по учебному плану)

4.2.5.Курсовой проект (курсовая работа) - (не предусмотрен по учебному плану)

4.2.6.Самостоятельное изучение разделов дисциплины.

Самостоятельная работа организована в соответствии с технологией проблемного обучения и предполагает следующие формы активности:

- самостоятельная проработка учебно-проблемных задач, выполняемая с привлечением основной и дополнительной литературы;
- поиск научно-технической информации в открытых источниках с целью анализа и выявления ключевых особенностей.

Ниже приводиться перечень вопросов выносимых на самостоятельное изучение по разделам дисциплины.

Таблица 4

№№ раздела	Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение
1	Консервация поверхности полупроводника с использованием щелочно-галоидных соединений
2	Метод истинно-вторичной электронной спектроскопии. Спектроскопия пороговых потенциалов
3	Суперструктура на поверхностях полупроводниковых соединений A_2B_6
4	Колебания атомов твердого тела
5	Классические представления о взаимосвязи характеристик силовых полей с тепловым расширением поверхности

6	Механизмы диффузии в твердых телах
7	Уравнение Пуассона и его решение
8	Теория области пространственного заряда для случая частично ионизированных примесных центров в объеме кристалла.

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

5.1. Оценочные материалы для текущего контроля успеваемости.

Текущий контроль усвоения программного материала и промежуточная аттестация студентов, изучающих курс «Физика поверхности полупроводников» осуществляется в рамках балльно-рейтинговой системы обучающихся, разработанной и внедренной в практику деятельности КБГУ. Положение о балльно-рейтинговой системе аттестации обучающихся в КБГУ размещено на сайте kbsu@mail.ru Локальные нормативные акты КБГУ. Тестовые задания по дисциплине «Физика поверхности полупроводников» находятся на сайте open kbsu.ru по адресу <http://open.kbsu.ru/moodle/course/view.php?id=4295> /

Основными целями балльно-рейтинговой системы аттестации являются:

- стимулирование систематической контактной и самостоятельной работы студентов;
- снижение роли субъективных факторов в процессе проведения аттестационных мероприятий;
- повышение состязательности в образовательном процессе;
- определение рейтинга студента в соответствии с его достижениями;
- обеспечение систематического контроля качества обучения в соответствии с требованиями Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования.

Балльно-рейтинговая система аттестации студентов предусматривает проведение контрольных мероприятий по логически завершённым блокам, циклам, разделам, а также промежуточная аттестация в форме экзамена и/или зачета (дифференцированного зачета).

По дисциплине «Физика поверхности полупроводников» проводятся балльно-рейтинговые контрольные мероприятия, включающие проведение коллоквиума в устной форме и компьютерные тестирование студентов. В рамках балльно-рейтинговых системах аттестации студентов предусмотрены меры, стимулирующие посещения занятий студентами. Оценка успешности освоения программного материала студентами проводится по многобалльной шкале (100 б.)

Для определения качества освоения обучающимися учебного материала по дисциплине используются следующие оценочные средства.

Таблица 5

№ п / п	Оценочные средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
1	Коллоквиум	Средства контроля усвоения учебного материала темы (дидактической единицы), организованное как учебное занятие в виде собеседование преподавателя с обучающимися	Вопросы по темам
2	Тест	Система стандартизированных заданий, позво-	Фонд тестовых заданий размещены на образовательном

		ляющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося	портале КБГУ http://open.kbsu.ru/moodele/course/view.php?id=4295/
3	Мотивация (личностное отношение)	Целевая подборка данных, характеризующих учебную активность и мотивацию обучающихся	Групповой журнал посещаемости занятий; журнал преподавателя; рефераты, эссе и другие материалы

5.1.1.Коллоквиумы

В течение семестра проводятся три коллоквиума. Вопросы, выносимые на коллоквиумы приведены ниже.

Таблица 6

№ коллоквиума	№ темы	тема	Компетенции (шифр)	Этапы формирования компетенции; показатели и критерии оценивания результатов обучения
1	1	Современные методы получения атомарно-чистой поверхности полупроводников.	ПК-1	Первый этап Знать: термины, понятия, методы и принципы физики поверхности полупроводников Уметь: оперировать терминами, понятиями, методами и принципами физики поверхности полупроводников; решать учебные задачи по образцу. Владеть: терминами, понятиями, методами и принципами физики поверхности полупроводников.
	2	Методы сохранения, консервации и восстановления атомарно-чистой поверхности		
	3	Дифракция медленных электронов.		
	4	Электронная оптическая спектроскопия.		
	5	Спектроскопия характеристических потерь энергии электронами. Методы основанные на фотоэлектронной эмиссии (РЭС, УФЭС). Методы ионно-ионной эмиссии (ВИМС, СОРИНЭ)		
	6	Поверхностная реконструкция. Суперструктуры на поверхности полупроводников.		
2	7	Физические причины реконструкции поверхности полупроводников. Геометрические модели строения поверхности.	ПК-1	Второй этап Знать: современные экспериментальные методы диагностики поверхности полупроводников; физические причины реконструкции поверхности полупроводников.
	8	Связь \overline{U}^2 с коэффициентом квазиупругой силы.		
	9	Анизотропия колебаний атомов на поверхности. Методика и техника эксперимента. Определения \overline{U}_S^2 поверхностных		

		атомов.		ков Уметь: выявлять роль поверхностных явлений (в особенности процессов реконструкции и релаксации) в проблемах, возникающих в ходе изготовления и эксплуатации приборов электроники и наноэлектроники Владеть: методами построения физических и математических моделей приборов, схем, устройств с учетом специфических свойств поверхностей
	1 0	Силовые постоянные и тепловое расширения поверхности.		
	1 1	Экспериментальные методы исследования термического расширения поверхности.		
	1 2	Экспериментальные методы изучения поверхностной диффузии.		
	1 3	Механизмы поверхностной диффузии. Результаты экспериментальных исследований поверхностной диффузии.		
3	1 4	Качественно обоснование существования ОПЗ в полупроводниках.	ПК-1	Третий этап Знать: современные представления об атомно-электронной структуре и свойствах контакта металл-полупроводник Уметь: выявлять роль контакта металл-полупроводник в проблемах, возникающих при создании и эксплуатации приборов и устройств электроники и наноэлектроники. Владеть: методами построения физических и математических моделей приборов, схем и устройств с учетом свойств контакта металл-полупроводник
	1 5	Классическая теория ОПЗ. Структура области ОПЗ.		
	1 6	Концентрация избыточных носителей в ОПЗ. Поверхностная проводимость.		
	1 7	Современные представления о структуре, составе и свойствах контакта металл-полупроводник		

Методические рекомендации по подготовке к коллоквиумам

При подготовке к коллоквиумам по дисциплине необходимо использовать соответствующие разделы основной и дополнительной литературы, рекомендованной лектором на первом занятии по дисциплине. Значительную помощь в подготовке к коллоквиуму могут оказать записи (конспекты) лекций, которые проводились во время аудиторных занятий по дисциплине. В конце каждой темы по данной дисциплине студентам предлагаются контрольные вопросы, которые кратко рассматриваются после лекции и более детально разбираются на практических занятиях. При подготовке к очередному коллоквиуму целесообразно обращаться к этим контрольным вопросам.

При подготовке к коллоквиумам целесообразно обращаться к интернет ресурсам по данной дисциплине, которые рекомендованы преподавателем в начале изучения дисциплины.

При подготовке к коллоквиуму рекомендуется посещение консультаций, проводимых преподавателем, а также обращение к сайту преподавателя. Студенты через Интернет имеют доступ к учебно-методическим изданиям ведущих вузов России.

Критерии оценивания на коллоквиумах.

Во время устного опроса на каждом коллоквиуме студент может получить до 15 баллов. При этом оценивается :

- владение терминами, понятиями, принципами термодинамики дисперсных систем;
- ясность, четкость и доказательность изложения ответов на вопросы;
- системность знаний, умений и навыков по теме.

По итогам устного опроса на коллоквиуме студенту выставляется :

а) 14-15 баллов, если владеет в полном объеме программным материалом, вынесенным на коллоквиум, достаточно глубоко осмысливает тему (раздел), исчерпывающе отвечает на все вопросы, выделяет при этом самое существенное, умеет анализировать, сравнивает, классифицировать, обобщать, конкретизировать и систематизировать программный материал, четко формулирует ответы;

б) 12-13 баллов, если владеет учебным материалом, вынесенным на коллоквиум почти в полном объеме (имеются пробелы в знаниях только в некоторых, особенно сложных вопросах); самостоятельно и отчасти при наводящих вопросах дает полноценные ответы на вопросы; не всегда выделяет наиболее существенное, не допускает серьезных ошибок в ответах.

в) 9 – 11 баллов, если владеет основным объемом знаний по темам коллоквиума, проявляет затруднения в самостоятельных ответах, допускает неточные формулировки, в процессе ответа допускает ошибки по существу вопроса.

г) 5-8 баллов, если не освоил обязательный минимум знаний предмета, не способен ответить на вопросы даже при дополнительных наводящих вопросах.

д) если ответы студента по учебным материалам коллоквиума оцениваются количеством баллов менее 4, то студенту выставляется 0 баллов.

5.1.2. Тестовые задания по дисциплине

В течение семестра трижды проводится тестирование студентов с использованием фонда тестовых заданий по данной дисциплине

Образцы тестовых заданий по дисциплине

Задание 1.

Под атомарно-чистой поверхностью твердого тела подразумевается поверхность

- 1) лишенная заметного количества примесей
- 2) не имеющая заметного количества дефектов
- 3) обладающая кристаллической упорядоченностью
- 4) полученная в вакуумных условиях
- 5) где нет частиц из внешнего окружения

Задание 2.

Для поверхности кремния способ высокотемпературного нагрева в вакууме

- 1) не пригоден
- 2) вполне пригоден
- 3) частично пригоден
- 4) не применяется

Задание 14.

Для кристаллов со структурой цинковой обманки методом раскалывания можно получить поверхность с ориентацией

- 1) $(\bar{1} \ \bar{1} \ 0)$ 2) $(\bar{1} \ 0 \ \bar{1})$ 3) (110) 4) (111) 5) (100)

Задание 22.

Способ холодной эмиссии пригоден для получения атомарно-чистой поверхности

- 1) металлов
- 2)металлических сплавов
- 3)полупроводников
- 4)диэлектриков

Задание 38.

Защитными покрытиями для чистых граней полупроводниковых соединений A_3B_5 могут быть слои

- 1)щелочных металлов
- 2)щелочноземельных металлов
- 3)щелочногалоидных соединений
- 4)благородных металлов

Задание 40.

Метод ДМЭ основан на использовании электронов

- 1)упруго рассеянных на атомах поверхности
- 2)неупруго рассеянных при взаимодействии с поверхностью
- 3)появившихся в спектре вторичных электронов из-за ионизации атомов на поверхности первичными электронами
- 4)возникающих из-за внешнего фото эффекта

Задание 41.

Метод ДМЭ является прямым методом исследования

- 1)атомной структуры поверхности
- 2)электронной структуры поверхности
- 3)элементного состава поверхности
- 4)химического состава поверхности

Задание 62.

Метод СХПЭЭ основан на использовании электронов

- 1)потерявших дискретные значения энергии при рассеянии в приповерхностной области
- 2)эмитированных из атома в результате безизлучательного процесса (автоионизации)
- 3)потерявших энергии при ионизации атомов поверхности
- 4)упругорассеянных при взаимодействии с атомами поверхности

Задание 77.

В суперструктуре Si (III) – 7x7, последние цифры показывают расстояния между атомами

- 1)на поверхности
- 2)на поверхности по сравнению с аналогичными расстояниями в объеме
- 3)на атомных плоскостях в объеме
- 4)на атомных плоскостях в объеме по сравнению с расстояниями между атомами на поверхности

Методические рекомендации по подготовке к тестированию

Основные рекомендации, изложенные выше для подготовки к коллоквиумам, остаются в силе и для подготовки к тестированию (использование рекомендуемой литературы, конспектов лекции, методические указания, интернет-ресурсы, консультации у преподавателя и др.).

Студентам, изучающим данный курс, предоставляется возможность многократного решения тестовых заданий и получить оценку уровня своих знаний в режиме самоконтроля. В течении е семестра студенты трижды тестируются по дисциплине (через каждая 1/3 семестра). Студенты имеют возможность, после процедуры регистрации, пройти онлайн - тестирование, в том числе в режиме самоконтроля.

Критерии оценки по тестированию.

По результатам каждого тестирования студент может получить до 5 баллов (всего 15 баллов в течение семестра).

При этом студенту выставляется:

- 5 баллов при правильном выполнении 91-100% от общего числа тестовых заданий,
- 4 балла при 81-90%
- 3 балла при 61-80%
- 2 балла при 36-60%

При количестве правильных решений меньше 36% от общего числа тестовых заданий студент не получает баллов.

Критерии оценивания мотивации (личностного отношения)

В течение семестра трижды (через каждое треть семестра) проводится оценивание мотивации (личностного отношения) обучающегося к освоению программного материала по дисциплине. При этом студент может получить соответственно 3,3 и 4 баллов (всего 10 баллов за семестр). Баллы выставляются преподавателем с учетом учебной активности обучающегося, в том числе своевременного выполнения контрольных мероприятий, по итогам контактной работы с преподавателем, представление рефератов, эссе и других материалов преподавателю.

После каждого этапа (всего 3) балльно-рейтинговой аттестации преподаватель принимает решение о выставлении указанных баллов (3,3 и 4 по принципу зачтено - незачтено без перехода к меньшим цифрам).

5.1.3.Промежуточная аттестация

Примерный перечень вопросов, выносимых на экзамен по темам дисциплине

- 1.Современные методы получения атомарно-чистой поверхности полупроводников.
- 2.Методы сохранения, консервации и восстановления атомарно-чистой поверхности
3. Дифракция медленных электронов.
4. Электронная оптическая спектроскопия.
5. Спектроскопия характеристических потерь энергии электронами.
6. Методы основанные на фотоэлектронной эмиссии (РЭС, УФЭС).
7. Методы ионно-ионной эмиссии (ВИМС, СОРИНЭ)
8. Поверхностная реконструкция
9. Суперструктуры на поверхности полупроводников.
10. Физические причины реконструкции поверхности полупроводников
11. Геометрические модели строения поверхности.
12. Связь \overline{U}^2 с коэффициентом квазиупругой силы.
13. Анизотропия колебаний атомов на поверхности.
14. Методика и техника эксперимента.
15. Определения \overline{U}_S^2 поверхностных атомов.
16. Силовые постоянные и тепловое расширения поверхности
17. Экспериментальные методы исследования термического расширения поверхности
18. Экспериментальные методы изучения поверхностной диффузии.
- 19.Механизмы поверхностной диффузии.
- 20.Результаты экспериментальных исследований поверхностной диффузии.
- 21.Качественное обоснование существования ОПЗ в полупроводниках.
- 22.Классическая теория ОПЗ. Структура области ОПЗ.
- 23.Концентрация избыточных носителей в ОПЗ. Поверхностная проводимость.
- 24.Современные представления о структуре, составе и свойствах контакта металл-полупроводник

Методические рекомендации по подготовке к процедуре осуществления промежуточной аттестации.

В КБГУ действует балльно-рейтинговая система аттестации студентов. Оценка успешности освоения программ по дисциплинам осуществляется в ходе текущего и рубежного контроля, а также промежуточной (сессионной) аттестации. В ходе текущей аттестации (выполнение индивидуальных контрольных заданий, тестирование, коллоквиумы и др.) проводится контроль усвоения программного материала по темам, разделам и совокупности вопросов по дисциплине. Во время такой аттестации преподаватель оценивает в какой мере обучающийся изучил запланированную к проверке часть программы по дисциплине и насколько детально знает постановку задачи (вопроса), намеченный план решения этой задачи, вывод основных соотношений (формул, уравнений) и может проводить их анализ.

Для получения зачета по дисциплине студенту необходимо иметь не менее 61 балла (из 100 баллов). Если по итогам текущего контроля студент набрал число баллов в пределах от 37 до 60 баллов, то он допускается к сдаче зачета.

На зачете, предусмотренный рабочим учебным планом и проводимый в соответствии с календарным графиком, проверяется сформированность знаний **ИНТЕГРАЛЬНОГО** характера по дисциплине в целом. Такой подход в проведении зачета (промежуточной аттестации) требует соответствующей формулировки вопросов, выносимых на зачет. На промежуточную аттестацию в форме зачета в КБГУ отводится 30 баллов из 100 возможных баллов по дисциплине в семестре.

Критерии оценивания на экзамене

По итогам экзамена студенту, из максимального количества баллов, которое составляет 30, выставляется:

1) от 27 до 30 баллов, если владеет программным материалом по дисциплине в полном объеме; достаточно глубоко осмысливает дисциплину, исчерпывающе отвечает на все вопросы; умеет анализировать, сравнивать, классифицировать, обобщать, конкретизировать и систематизировать изученный материал, устанавливать причинно-следственные связи; четко формулирует ответы;

2) от 24 до 26 баллов, если владеет программным материалом почти в полном объеме (имеются пробелы только в некоторых особенно сложных разделах); самостоятельно и отчасти при наводящих вопросах дает полноценные ответы на вопросы; не всегда выделяет наиболее существенные, не допускает вместе с тем серьезных ошибок в ответах;

3) от 15 до 23 баллов, если владеет основным объемом программного материала по дисциплине; проявляет затруднения в самостоятельных ответах, оперирует неточными формулировками; в процессе ответов допускает ошибки по существу вопросов.

В случаях, когда обучающийся не освоил обязательный минимум программного материала по дисциплине, не способен ответить на вопросы даже при дополнительных наводящих вопросах, выставляется 0 баллов.

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

Основные процедуры по оценке знаний, умений и навыков по дисциплине «Физика поверхности полупроводников», осуществляются в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе (БРС) аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программ бакалавриата, программ специалитета и программ магистратуры Кабардино-Балкарского государственного университета им.Х.М.Бербекова (kbsu@mail.ru Локальные нормативные акты КБГУ).

В Положении о БРС определены :

- виды и формы аттестации,
- порядок допуска и прохождения промежуточной аттестации,
- отработка текущей, рубежной, промежуточной аттестации и отчисление из образовательной организации,
- порядок организации, проведения и представления результатов балльно-рейтинговых мероприятий,

- организация контроля проведения балльно-рейтинговых контрольных мероприятий,
- особенности организации и проведения балльно-рейтинговых контрольных мероприятий для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья,
- оформление, учет и хранения нормативной документации.

В приложениях Положения приведены образцы ведомости учета результатов текущего и рубежного контроля успеваемости, а также зачетной и экзаменационной ведомости.

Результаты освоения учебной дисциплины, подлежащие проверке

Таблица 7

Результаты обучения (компетенции)	Основные показатели оценки результатов обучения	Вид оценочного материала
ПК-1 Способность строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования	Знает: имеющиеся компьютерные программы, расчетные модули, алгоритмы и визуализаторы с интерфейсом, моделирующие поведение реальных систем и объектов наномира при задании различных входных параметров. Умеет: эксплуатировать системы моделирования наноструктурированных материалов и устройств. Владеет: достижениями физики поверхностей полупроводников и методами построения физических и математических моделей приборов, схем и устройств электроники и наноэлектроники с учетом специфических свойств поверхностей и границ раздела.	Оценочные материалы для проведения коллоквиума (раздел 5.1.1, тестовые задания раздел 5.1.2). Оценочные материалы для промежуточной аттестации (раздел 5.2.)

Основными этапами формирования компетенций при изучении студентами дисциплины является последовательное формирование результатов обучения по дисциплине. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций обучающимися. В Приложении 2 приведены критерии оценки качества освоения дисциплины и описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования.

7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

7.1 Основная литература

- 1.Нестеренко Б.А., Снитко О.В. Физические свойства атомарно-чистой поверхности полупроводников. Киев, Наукова думка, 1983, 264 с.
- 2.М.В.Мамонова, В.В.Прудников, И.А.Прудникова. Физика поверхности. Теоретические модели и экспериментальные методы. Москва, Физматлит. 2011, 400 с.
- 3.П.Морис. Поверхность и межфазные границы в окружающей среде. От наноуровня к глобальному масштабу. Москва, БИНОМ, Лаборатория знаний, под ред. В.И Свитова, 2013, 540 с. (Учебник для высшей школы).

7.2 Дополнительная литература

- 1.Бехштедт Ф., Эндерлайн Р. Поверхности и границы раздела полупроводников. М., Мир, 1990, 536 с.

- 2.Зенгуил Э. Физика поверхности, М., Мир, 1990, 536 с.
- 3.Нестеренко Б.А., Ляпин В.Г., Фазовые переходы на свободных гранях и межфазных границах полупроводников. Киев, Наукова думка, 1990, 152.
- 4.ОУРА К., Лифшиц В.Г., Саранин А.А., Зотов А.В., Катьянма М., Введение в физику поверхности. М., Наука, 2006, 490 с.

7.3 Периодические издания

- 1.Журнал «Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования» (Россия)
- 2.Международный журнал «*Surface Science*» (Голландия).
- 3.Коллоидный журнал (Россия).
- 4.Физика твердого тела (Россия)

7.4 Интернет-ресурсы

- 1.<http://www.uksaf.org/>
- 2.<http://www.omicon.de/en/home>
- 3.<http://www.rusnanonet.ru/equipment/>
- 4.http://www.nanoobr.ru/training/courses/detail.php& ELEMENT_ID=769
- 5.ЭБС «Ай Пи Эрбукс» (лицензионный договор №2749/17 от 20.03.2018 г.).
- 6.ЭБС «Консультант студента» (Договор №122 СЛ/09-18 от 17.09.2018 г.)

7.Современные профессиональные базы данных

№ п/п	Наименование электронного ресурса	Краткая характеристика	Адрес сайта	Условия доступа
1.	ЭБД РГБ	Электронные версии 885898 полных текстов диссертаций и авторефератов из фонда Российской государственной библиотеки	http://www.diss.rsl.ru	Авторизованный доступ из библиотеки (к. 112-113)
2.	«Web of Science» (WOS)	Авторитетная политематическая реферативно-библиографическая и наукометрическая база данных, в которой индексируются около 12,5 тыс. журналов	http://www.isiknowledge.com/	Доступ по IP-адресам КБГУ
3.	Sciverse Scopus издательства «Эльзевир. Наука и технологии»	Реферативная и аналитическая база данных, содержащая 21.000 рецензируемых журналов; 100.000 книг; 370 книжный серий (продолжающихся изданий); 6,8 млн. докладов из трудов конференций	http://www.scopus.com	Доступ по IP-адресам КБГУ
4.	Научная электронная библиотека (НЭБ РФФИ)	Электронная библиотека научных публикаций - полнотекстовые версии около 4000 иностранных и 3900 отечественных научных журналов, рефераты публикаций 20 тысяч журналов, а также описания 1,5 млн. за-	http://elibrary.ru	Полный доступ

		рубежных и российских диссертаций. 2800 российских журналов на безвозмездной основе		
5.	База данных Science Index (РИНЦ)	Национальная информационно-аналитическая система, аккумулирующая более 6 миллионов публикаций российских авторов, а также информацию об их цитировании из более 4500 российских журналов.	http:// elibrary.ru	Авторизованный доступ. Позволяет дополнять и уточнять сведения о публикациях ученых КБГУ, имеющих-ся в РИНЦ
6.	Национальная электронная библиотека РГБ	Объединенный электронный каталог фондов российских библиотек, содержащий 4 331 542 электронных документов образовательного и научного характера по различным отраслям знаний	https:// нэб.рф	Доступ с электронного читального зала библиотеки КБГУ

7.5. Методические указания по проведению учебных занятий и организации самостоятельной работы студента.

7.5.1. Методические рекомендации к чтению лекций и организации самостоятельной работы студентов.

Методические рекомендации общего характера по проведению учебных занятий и организации самостоятельной работы студентов достаточно хорошо разработаны многими отечественными и зарубежными авторами, в том числе с учетом компетентностного подхода при организации образовательного процесса, основанного на деятельности модели подготовки выпускника вуза. Характерной особенностью реализации деятельностной парадигмы образования является уменьшение трудоемкости аудиторной работы и соответствующие повышения трудоемкости самостоятельной работы. Рабочий учебный план для бакалавров по направлению подготовки «Электроника и нанoeлектроника» в КБГУ, предусматривает объем контактной работы ~34,4% от общей трудоемкости дисциплинарной подготовки. По дисциплине «Физика поверхности полупроводников», которая включена в указанной выше учебный план, выдерживается этот показатель. В таких условиях имеет место повышение роли, значимости и объемов самостоятельной работы студентов, при изучении данной дисциплины. В то же время учебная (контактная) работа, по-прежнему, должна, безусловно, выполнять системообразующую роль, обеспечивая регулярность и целевую направленность образовательной деятельности по данной дисциплине.

Основными формами организации учебных (аудиторных) занятий по дисциплине «Физика поверхности полупроводников» являются лекции.

При подготовке лекционных занятий преподаватель должен определить цели и задачи лекции, разработать план проведения лекции, осуществить подбор литературы (ознакомление с периодическими изданиями по теме лекций), отбор необходимого и достаточного по содержанию учебного материала. Лектор определяет методы, приемы и средства поддержания интереса, внимания, стимулирования творческого мышления студентов.

Лекция должна включать в качестве этапов формулировку темы лекций, перечень вопросов, изложение вводной части, основной части, краткие выводы по каждому рассмотренному вопросу и рекомендации литературных источников по излагаемым вопросам. Если очередное занятие является продолжением предыдущей лекции, целесообразно кратко сформулировать полученные ранее результаты, необходимые для понимания и усвоения изучаемых вопросов. В заключительной части лекции желательно обобщить наиболее важные и существенные моменты лекции, сделать выводы, а также сформулировать задачи для самостоятельной работы студентов и указать рекомендуемую литературу. Целесообразно также оставить время для ответа на вопросы студентов и возможную дискуссию по изложенному материалу на лекции.

Содержание лекции по данной дисциплине должно соответствовать дидактическим принципам, которые обеспечивают соответствие излагаемого материала научно-методическим основам педагогической деятельности. Основными из них являются целостность, научность, доступность, систематичность и наглядность.

Эффективность лекции может быть повышена за счет рационального использования технических средств. Комплекты технических средств необходимо готовить к каждой лекции заблаговременно, не перегружая ими аудиторию.

Существует классификация лекций по типам и методам их проведения (вводная, установочная, программная, обзорная, итоговая и др.). При изложении программного материала по данной дисциплине на лекциях рекомендуется широкое использование средств информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) и аудио-видеотехники. Подготовка видео – лекции состоит в перекодировании, переконструировании учебной информации по теме в визуальную форму для предъявления студентам через технические средства обучения или схемы, рисунки, чертежи.

Критерии оценки лекции выносятся в **Приложение 3.**

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

Лекционные и практические занятия проводятся в аудиториях, оснащенных оборудованием, обеспечивающим реализацию интерактивных образовательных технологий, а также сетевым оборудованием, позволяющим реализовать возможности образовательных технологий и технологии оперативного доступа к информационным ресурсам.

По дисциплине «Физика поверхности полупроводников» имеется курс видео – лекции, охватывающий все модули, включенные в программу дисциплины.

Перечень программных продуктов включает :

- Продукты MICROSOFT (Desktop Education ALNG LicSaPk OLVS Academic Edition Enterprise) подписка (Open Value Subscription) № V 2123829;
- Kaspersky Endpoint Security Стандартный Russian Edition № лицензии 17E0-180427-050836-287-197;
- Academic MathCAD License
- Архиватор 7z (бесплатное ПО)
- Программа для работы с pdf публикациями Adobe Reader (бесплатное ПО)
- Пакет математического анализа SMath Studio (бесплатное ПО)
- Система построения графиков SciDAVis (бесплатное ПО)
- Среда разработки виртуальных приборов MyOpenLab (бесплатное ПО)

Система локальной сети КБГУ предоставляет возможность одновременной работы большого количества пользователей как в локальной сети вуза, так и через сеть «Интернет» с соблюдением требований информационной безопасности и ограничением доступа к информации. Электронная информационно – образовательная среда КБГУ позволяет осуществлять работу обучающихся из любой точки доступа, в том числе извне вуза.

Особенности реализации дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для студентов с ограниченными возможностями здоровья созданы специальные условия для получения образования. В целях доступности получения высшего образования по образовательным программам инвалидами и лицами с ограниченными возможностями

здоровья университетом обеспечивается: 1) альтернативная версия официального сайта в сети «Интернет» для слабовидящих; 2) присутствие ассистента, оказывающего обучающемуся необходимую помощь; 3) 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).

Приложение 1.

Лист изменений (дополнений)
в рабочей программе дисциплины (модуля)
«Физика поверхности полупроводников»
по направлению подготовки «Электроника наноэлектроника»
(Современные информационные технологии в электронной технике)
2021-2022 уч.г.

№ п/ п	Элемент (пункт) РПД	Перечень выносимых изменений (дополнений)	Примечание

Обсуждена и рекомендована на заседании кафедры электроники и цифровых информаци-
онных технологий протокол № _____ от «____» _____ 2021 г.

Зав.кафедрой _____ Тешев Р.Ш.

Критерии оценки качества освоения дисциплины
Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования

Код компетенции	РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)	КРИТЕРИИ И ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ				
		Соответствие уровней освоения компетенции планируемым результатам обучения и критериям их оценки				
			компетенция не сформирована	пороговый	базовый	продвинутый
		шкала по традиционной пятибалльной системе				
		недопуск	неудовлетворительно	удовлетворительно /диф.зачет	хорошо/ диф.зачет	отлично/ диф.зачет
		шкала по балльно-рейтинговой системе				
		0 – 35	36 – 60	61 – 80	81 – 90	91 – 100
ПК-1 Способность строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств	Знать: Современные методы диагностики полупроводников и их использование для исследования (моделирования) межфазных процессов, возникающих при производстве и эксплуатации изделий электроники и нанoeлектроники. Уметь:	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить	Уровень знаний по доступным ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний по дисциплине. Допущено много негрубых ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки по дисциплине. Допущено несколько негрубых ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки по дисциплине без ошибок.

Код компетенции	РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)	КРИТЕРИИ И ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ				
		Соответствие уровней освоения компетенции планируемым результатам обучения и критериям их оценки				
			компетенция не сформирована	пороговый	базовый	продвинутый
		шкала по традиционной пятибалльной системе				
		недопуск	неудовлетворительно	удовлетворительно /диф.зачет	хорошо/ диф.зачет	отлично/ диф.зачет
		шкала по балльно-рейтинговой системе				
		0 – 35	36 – 60	61 – 80	81 – 90	91 – 100
и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их	Использовать современные методы диагностики поверхности полупроводников для анализа межфазных процессов, возникающих при производстве и эксплуатации изделий электроники и наноэлектроники Владеть: Достижениями физики поверхности полупроводников для моделирования (в том числе компьютерного) межфазных процессов при производстве и эксплуа-	полноту знаний вследствие отказа обучающегося Отсутствие минимальных умений. Невозмож	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме Имеется минимальный набор навыков для решения	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продemonстрированы базовые навыки при реше-	Продemonстрированы в полном объеме умения по учебной программе. Все задания выполнены в полном объеме. Продemonстрированы навыки решения нестандартных задач без ошибок и недочетов.

Код компетенции	РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)	КРИТЕРИИ И ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ				
		Соответствие уровней освоения компетенции планируемым результатам обучения и критериям их оценки				
			компетенция не сформирована	пороговый	базовый	продвинутый
		шкала по традиционной пятибалльной системе				
		недопуск	неудовлетворительно	удовлетворительно /диф.зачет	хорошо/ диф.зачет	отлично/ диф.зачет
		шкала по балльно-рейтинговой системе				
		0 – 35	36 – 60	61 – 80	81 – 90	91 – 100
компьютерного моделирования	тации изделий электроники и нанoeлектроники	ность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа Отсутствие владения матери-	задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	стандартных задач с некоторыми недочетами с использованием методов и методик физики поверхности полупроводников	нии стандартных задач с некоторыми недочетами с использованием методов и методик физики поверхности полупроводников	

Код компетенции	РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)	КРИТЕРИИ И ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ				
		Соответствие уровней освоения компетенции планируемым результатам обучения и критериям их оценки				
			компетенция не сформирована	пороговый	базовый	продвинутый
		шкала по традиционной пятибалльной системе				
		недопуск	неудовлетворительно	удовлетворительно /диф.зачет	хорошо/ диф.зачет	отлично/ диф.зачет
		шкала по балльно-рейтинговой системе				
		0 – 35	36 – 60	61 – 80	81 – 90	91 – 100
		алом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.				
	Характеристика сформированности компетенций	Компетенция не	Компетенция в полной мере не	Сформированность компетенции соответ-	Сформированность компетенций в целом	Сформированность компетенции полностью соответствует

Код компетенции	РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)	КРИТЕРИИ И ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ				
		Соответствие уровней освоение компетенции планируемым результатам обучения и критериям их оценки				
			компетенция не сформирована	пороговый	базовый	продвинутый
		шкала по традиционной пятибалльной системе				
		недопуск	неудовлетворительно	удовлетворительно /диф.зачет	хорошо/ диф.зачет	отлично/ диф.зачет
		шкала по балльно-рейтинговой системе				
		0 – 35	36 – 60	61 – 80	81 – 90	91 – 100
		сформирована, отсутствуют знания, умения, навыки, необходимые для решения практических (про-	сформирована, Имеющихся знаний, умений, навыков недостаточно для решения практических (профессиональных) задач	ствует минимальным требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков в целом достаточно для решения практических (профессиональных) задач, но требуется дополнительная практика по большинству практических задач	соответствуют требованиям, но имеются недочеты. Имеющихся знаний, умений, навыков в целом, достаточно для решения практических (профессиональных) задач, но требуется дополнительная практика по некоторым профессиональным задачам	требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков в полной мере достаточно для решения сложных практических (профессиональных) задач.

Код компетенции	РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)	КРИТЕРИИ И ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ				
		Соответствие уровней освоения компетенции планируемым результатам обучения и критериям их оценки				
			компетенция не сформирована	пороговый	базовый	продвинутый
		шкала по традиционной пятибалльной системе				
		недопуск	неудовлетворительно	удовлетворительно /диф.зачет	хорошо/ диф.зачет	отлично/ диф.зачет
		шкала по балльно-рейтинговой системе				
		0 – 35	36 – 60	61 – 80	81 – 90	91 – 100
		фессиональных) задач.				

Критерии оценки лекции.

Анализ качества лекции строится из оценки содержания, методики чтения, организации лекции, руководства работой студентов на лекции, результативности лекции.

I. Критерии оценки содержания лекции

1. Соответствие темы и содержания лекции тематическому плану и учебной программе курса.
2. Научность, соответствие современному уровню развития науки.
3. Точность используемой научной терминологии.
4. Информативность; раскрытие основных понятий темы; сочетание теоретического материала с конкретными примерами.
5. Реализация принципа органической связи теории с практикой; раскрытие практического значения излагаемых теоретических положений.
6. Реализация внутрипредметных и междисциплинарных связей.
7. Связь с профилем подготовки студентов, их будущей специальностью.
8. Соотношение содержания лекции с содержанием учебника (излагается материал, которого нет в учебнике; разъясняются особо сложные вопросы; дается задание самостоятельно прорабатывать часть материала по учебнику, пересказывается учебник и т.п.).

II. Критерии оценки методики чтения лекции

1. Дидактическая обоснованность используемого вида лекции и соответствующих ему форм и методов изложения материала.
2. Структурированность содержания лекции: наличие плана, списка рекомендуемой литературы, вводной, основной и заключительной части лекции.
3. Акцентирование внимания аудитории на основных положениях и выводах лекции.
4. Рациональное сочетание методических приемов традиционной педагогики и новых методов обучения (проблемного, программного, контекстного, деятельностного и др.).
5. Логичность, доказательность и аргументированность изложения.
6. Ясность и доступность материала с учетом подготовленности обучающихся.
7. Соответствие темпов изложения возможностям его восприятия и ведения записей студентами.
8. Использование методов активизации мышления студентов.
9. Использование приемов закрепления информации (повторение, включение вопросов на проверку внимания, усвоения и т.п., подведение итогов в конце рассмотрения каждого вопроса, в конце всей лекции).
10. Использование записей на доске, наглядных пособий.
11. Использование раздаточного материала на лекции.
12. Использование ИКТ.

III. Критерии оценки организации лекции

1. Соответствие лекции учебному расписанию.
2. Четкость начала лекции (задержка во времени, вход лектора в аудиторию, приветствие, удачность первых фраз и т.п.).
3. Посещаемость лекции студентами.
4. Дисциплина на лекции.
5. Рациональное распределение времени на лекции.
6. Соответствие аудитории, в которой проводится лекция, современным нормам и требованиям (достаточная вместимость, возможность использования ТСО, оформленные и т.п.).
7. Наличие необходимых средств наглядности и ТС.

IV. Критерии оценки руководства работой студентов на лекции

1. Осуществление контроля за ведением студентами конспекта лекций.
2. Оказание студентам помощи в ведении записи лекции (акцентирование изложения материала лекции, выделение голосом, интонацией, темпом речи наиболее важной информации, использование пауз для записи таблиц, вычерчивания схем и т.п.).

3. Просмотр конспектов лекций студентов (до, во время, после лекции).
4. Использование приемов поддержания внимания и снятия усталости студентов на лекции (риторические вопросы, шутки, исторические экскурсы, рассказы из жизни замечательных людей, из опыта научно-исследовательской, творческой работы преподавателя и т.п.).
5. Разрешение задавать вопросы лектору (в ходе лекции или после нее).
6. Согласование сообщаемого на лекции материала с содержанием других видов аудиторной и самостоятельной работы студентов.

V. Критерии оценки результативности лекции

1. Степень реализации плана лекции (полная, частичная).
2. Степень полноты и точности рассмотрения основных вопросов, раскрытие темы лекции.
3. Информационно-познавательная ценность лекции.
4. Воспитательное воздействие лекции.