

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

Институт информатики, электроники и робототехники

Кафедра физических основ микро- и нанoeлектроники

СОГЛАСОВАНО
Руководитель образовательной программы
_____ Шебзухов А.А.
« ____ » _____ 2020 г.

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИИЭиР
_____ Черкесова Н.В.
« ____ » _____ 2020г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.ДВ.07.01 Физика поверхности полупроводников

Направление подготовки
11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Профиль
Современные информационные технологии в электронной технике

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Нальчик, 2020

Рабочая программа дисциплины Б1.В.ДВ.07.01 «Физика поверхности полупроводников» /
сост. Шебзухов А.А.– Нальчик: ФГБОУ ВО КБГУ, 2020. - 27 с.

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 «12» марта 2015 г. №218

Составитель _____ А.А.Шебзухов
(подпись)

Содержание

	стр
1 Цели и задачи освоения дисциплины	4
1.1. Цели освоения дисциплины	4
1.2. Задачи изучения дисциплины	5
2 Место дисциплины в структуре ООП ВО	6
3 Требования к результатам освоения содержания дисциплины	7
4 Содержание и структура дисциплины	9
4.1 Содержание разделов дисциплины	9
4.2 Структура дисциплины	10
4.2.1 Общая трудоемкость дисциплины	10
4.2.2 Лекционные занятия	10
4.2.3 Практические занятия (семинары)	
4.2.4 Лабораторные занятия	
4.2.5 Самостоятельное изучение разделов дисциплины	11
5. Оценочные материалы для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	12
5.1. Оценочные материалы для текущего контроля успеваемости	12
5.1.1. Коллоквиумы	12
5.1.2. Тестовые задания по дисциплине	14
5.1.3. Промежуточная аттестация	16
6. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности	18
7 Учебно-методическое обеспечение дисциплины (модуля)	19
7.1 Основная литература	19
7.2 Дополнительная литература.	19
7.3 Периодические издания	20
7.4 Интернет-ресурсы	20
7.5 Методические указания по проведению учебных занятий и организации самостоятельной работы студентов	20
7.5.1 Методические рекомендации к чтению лекции	20
7.5.2 Критерии оценки лекции	22
7.5.3 Методические рекомендации по проведению практических занятий	
8 Материально-техническое обеспечение дисциплины	25
Лист изменений в рабочей программе дисциплины	27

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 нанoeлектроники 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 сродством). Полученные научные данные составляют теорети-

ческий 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 ($Ge(hkl)$, $Si(hkl)$, $Si(hkl)$, $GaAs(hkl)$ и др.).

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

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 одноэлектронного 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.

3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины (модуля)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ОПОП ВО по данному направлению подготовки.

а)Выпускник должен обладать следующими общекультурными компетенциями (ОК)

- способностью к самоорганизации и самообразованию (ОК-7);

б)Выпускник должен обладать следующими общепрофессиональными компетенциями (ОПК)

- способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат (ОПК-2);

- прикладные аспекты использования результатов исследований физики поверхности при разработке технологии производства изделий электроники и наноэлектроники;

- основные современные методы диагностики поверхности полупроводников, их возможности и направления использования в производстве изделий микро- и наноэлектроника.

в)Выпускник должен обладать следующими профессиональными компетенциями (ПК)

- способностью строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программы средства их компьютерного моделирования (ПК-1);

В результате освоения дисциплины студент должен

знать:

- физические свойства атомарно-чистых поверхностей полупроводников и методы их получения;

- новые свойства поверхности элементарных 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	Содержание раздела
1	Методы получения и сохранения атомарно-чистых поверхностей полупроводников	Современные методы получения атомарно-чистой поверхности полупроводников. Методы сохранения, консервации и восстановления атомарно-чистой поверхности
2	Современные экспериментальные методы исследования атомной структуры, состава и свойств поверхностей полупроводников	Дифракция медленных электронов. Электронная оже 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.
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.
5	Термическое расширение поверхности полупроводников	Силовые постоянные и тепловое расширения поверхности. Экспериментальные методы исследования термического расширения поверхности.
6	Поверхностная диффузия	Экспериментальные методы изучения поверхностной диффузии. Механизмы поверхностной диффузии. Результаты экспериментальных исследований поверхностной диффузии.
7	Область пространственного заряда в полупроводниках (ОПЗ)	Качественно обоснование существования ОПЗ в полупроводниках. Классическая теория ОПЗ. Структура области ОПЗ. Концентрация избыточных носителей в ОПЗ. Поверхностная проводимость.
8	Контакт металл-полупроводник	Современные представления о структуре, составе и свойствах контакта металл-полупроводник

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)	65	65
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	9	9
Вид про промежуточной аттестации	зачет	зачет

Примечание : односеместровая дисциплина.

4.2.2.Лекционные занятия

Таблица 3

№	Тема
1	Современные методы получения атомарно-чистой поверхности полупроводников.
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 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 предусмотрены 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-галогидных 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 ОПЗ для случая частично ионизированных примесных центров в

	объеме кристалла.
--	-------------------

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

5.1.Оценочные материалы для текущего и рубежного контроля успеваемости.

Текущий и промежуточный контроль успеваемости студентов, изучающих курс «Физика поверхности полупроводников» осуществляется в рамках балльно-рейтинговой системе аттестации студентов, разработанный и внедренный в практику деятельности в КБГУ. В рамках этой системы в течение семестра по утвержденному графику проводится балльно-рейтинговые контрольные мероприятия, включающие проведение коллоквиума в устной форме и компьютерное тестирование студентов. В рамках балльно-рейтинговой системе аттестации студентов предусмотрены меры, стимулирующие посещение занятий студентами. Оценка успешности студентов проводится по многобалльной шкале (100 б.)

5.1.1.Коллоквиумы

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

Таблица 5

№	Тема	№ коллоквиума
1	Современные методы получения атомарно-чистой поверхности полупроводников.	коллоквиум №1
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.	коллоквиум №2
8	Связь \overline{U}^2 с коэффициентом квазиупругой силы.	
9	Анизотропия колебаний атомов на поверхности. Методика и тех-	

	ника 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.	коллоквиум №3
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	

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 оценки на коллоквиумах.

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

- ясность, четкость и доказательность изложения ответов на вопросы;

- владение специальными терминами;
- системность знаний по тематике.

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) щелочногалогенидных 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 (авто-ионизации)
- 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 семестра студенты трижды тестируются по дисциплине (через каждые 1/3 семестра). Студенты имеют возможность, после процедуры регистрации, пройти онлайн - тестирование, в том числе в режиме самоконтроля.

Критерии оценки по тестированию.

По результатам тестирования студенты могут получить по дисциплине до 15 баллов.

5.1.3.Промежуточная аттестация

Примерный перечень вопросов, выносимых на зачет по темам дисциплины

- 1.Современные методы получения атомарно-чистой поверхности полупроводников.
- 2.Методы сохранения, консервации и восстановления атомарно-чистой поверхности
3. Дифракция медленных электронов.
4. Электронная оже 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.Качественно 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.

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

Шкала оценки успешности освоения программного материала по данной дисциплине приведена в таблице 6.

Шкала оценки успеваемости студентов.

Таблица 6.

Сумма баллов	Оценка
91-100	отлично
81-90	хорошо
61-80	удовлетворительно
36-60	неудовлетворительно
0-35	недопуск

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

Таблица 7

Результаты обучения (компетенции)	Основные показатели оценки результатов обучения	Вид оценочного материала
Способность к самоорганизации и самообразова-	Планирует собственную работу в рамках самообразования, использует результаты самообразования для решения профессиональных задач. Понимает значение	Коллоквиум

нию (ОК-7)	самообразования для профессиональной деятельности. Использует результаты самообразования в профессиональной деятельности. Умеет составлять и реализовывать план работы.	
Способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат (ОПК-2)	Имеет представление о роли и месте математики в современной цивилизации и мировой культуре. Знает и понимает физическую сущность явлений и процессов, происходящих в материалах при взаимодействии с электромагнитным полем и рабочей средой в различных условиях эксплуатации. Умеет логически мыслить, оперировать с абстрактными объектами и быть корректным в употреблении математических понятий и символов для выражения количественных и качественных отношений. Владеет терминологией, методами решения систем линейных и алгебраических уравнений, основами векторной алгебры и аналитической геометрии, методами дифференциального и интегрального исчисления, методами исследования функции и построения графиков, методами решения дифференциальных уравнений и систем.	Коллоквиум
Способность строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования (ПК-1)	Создает новые и эксплуатирует имеющие компьютерные модели, расчетные модули, алгоритмы и визуализаторы с интерфейсом, моделирующих поведение реальных систем и объектов наномира при задании различных входных параметров. Умеет эксплуатировать системы многомасштабного моделирования наноструктурированных материалов и устройств.	Коллоквиум

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).

4. Мамыкин А.И. Контактные явления в полупроводниках. Часть 2 [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие по курсу «Физические основы электроники» / А.И. Мамыкин, А.А. Рассадина. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Университет ИТМО, 2014. — 38 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/67224.html>

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).

7.4 Интернет-ресурсы

<http://www.uksaf.org/>

<http://www.omicron.de/en/home>

<http://www.rusnanonet.ru/equipment/>

http://www.nanoobr.ru/training/courses/detail.php&ELEMENT_ID=769

ЭБС «Ай Пи Эрбукс» (лицензионный договор №2749/17 от 20.03.2018 г.).

ЭБС «Консультант студента» (Договор №122 СЛ/09-18 от 17.09.2018 г.)

Программа обработки оже-спектров « - 162». На языке Си с использованием библиотеки GTK+. Операционная система Linux (Fedora). Программное обеспечение для интерактивной доски Smart Board

Программное обеспечение для проведения презентаций PowerPoints пакета прикладных программ MS Office 2003 и 2008.

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

7.5.1.Методические рекомендации к чтению лекций.

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 деятельностей 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 ~47% от общей трудоемкости дисциплинарной подготовки. По дисциплине «Термодинамика межфазных явлений в макро- и наносистемах», 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 изложе-

нии 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.

7.5.2.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, перескачивается 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.

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 построение 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.

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, объекту питания, туалетные и другие помещения университета, а также пребывания в указанных помещениях (наличие расширенных дверных проемов, поручней и других приспособлений).

Лист изменений (дополнений)
в рабочей программе дисциплины (модуля)
«Физика поверхности полупроводников»
по направлению подготовки «Электроника наноэлектроника»
(Современные информационные технологии в электронной технике)
2020-2021 уч.г.

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

Обсуждена и рекомендована на заседании кафедры Физических основ микро- и наноэлектроники протокол № ____ от « ____ » _____ 2020 г.

Зав.кафедрой ФОМ и НЭ, проф. _____ Шебзухов А.А.