

## **Специальные вопросы физики поверхности и границ раздела**

### **1) Краткое содержание дисциплины.**

В рамках дисциплины «Специальные вопросы физики поверхности и границ раздела» изучаются основные закономерности физических явлений на поверхности твёрдых тел и контактных структур, основные параметры и свойства структур пониженной размерности, применение указанных процессов и материалов в современной электронике и технической физике.

### **2) Кредитная стоимость дисциплины.**

**3,5** Ст ECTS (3,0 ЗЕТ, 108 ач, включая экзамен)

### **3) Цель**

Целью изучения дисциплины является подготовка высококвалифицированных специалистов, умеющих обоснованно и результативно применять закономерности физики поверхностных и контактных явлений и способных на основе полученных знаний к активной творческой работе в области современной технической физики и нанотехнологий как в научно-исследовательских учреждениях, так и в условиях промышленного производства.

Это полностью соответствует цели основной образовательной программы подготовки выпускников-магистров по направлению 223200 «Техническая физика», которой является формирование у них знаний, умений, навыков, обеспечивающих способность к самостоятельной творческой профессиональной деятельности в условиях быстро развивающихся наукоемких отраслей техники и технологии.

### **4) Результаты обучения:**

*Знания, навыки, умения:*

- знание основных представлений о роли изучаемых явлений в современной науке, технике и технологии, об истории их исследования и о выдающихся ученых, о возможных применениях в различных областях науки, техники и технологии;
- знание основных закономерностей физических явлений на поверхности твёрдых тел и контактных структур, основных параметров и свойств структур пониженной размерности;
- умение использовать полученные знания для решения типичных задач микро- и нанoeлектроники аналитическими и численными методами, пользуясь современным программным обеспечением.

*Компетенции:*

ОК-2, способность к самостоятельному обучению новым методам исследования, пополнению своих знаний в области современных проблем технической физики и смежных наук, готовность к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности, к изменению социокультурных и социальных условий деятельности.

ПК-1, способность к профессиональной эксплуатации современного научного и технологического оборудования и приборов (в соответствии с целями ООП магистратуры).

ПК-2, способность демонстрировать и использовать углубленные теоретические и практические знания фундаментальных и прикладных наук, в том числе и те, которые находятся на передовом рубеже технической физики.

ПК-4, способность вскрыть физическую, естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, провести их качественный и количественный анализ.

ПК-5, способность осуществлять научный поиск и разработку новых перспективных подходов и методов к решению профессиональных задач, готовность к профессиональному росту, к активному участию в научной и инновационной деятельности, конференциях, выставках и презентациях.

ПК-6, способность критически анализировать современные проблемы технической физики, ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения экспериментальных и теоретических задач, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты.

ПК-7, способность самостоятельно выполнять физико-технические научные исследования для оптимизации параметров объектов и процессов с использованием стандартных и специально разработанных инструментальных и программных средств.

ПК-8, готовность осваивать и применять современные физико-математические методы и методы искусственного интеллекта для решения профессиональных задач, составлять практические рекомендации по использованию полученных результатов.

#### **5) Содержание:**

1. Структура низкоразмерных систем и ее связь с электронными свойствами. Классические и квантовые размерные эффекты. Контактные структуры пониженной размерности.: Л – 3 ач, СР – 8 ач.
2. Спектр и плотность поверхностных состояний. Статистика электронов на поверхности твердого тела.: Л – 3 ач, СР – 11 ач.
3. Пиннинг уровня Ферми на поверхности полупроводника. Распределение поверхностного потенциала. Приконтактное электрическое поле полупроводниковых структур. : Л – 4 ач, СР – 11 ач.
4. Равновесное состояние области пространственного заряда полупроводника. Распределение электроактивной примеси. Аномальный эффект Шоттки.: Л – 3 ач, СР – 6 ач.
5. Диэлектрическая проницаемость в двумерной системе. Хаотический потенциал на поверхности полупроводника: Л – 3 ач, СР – 9 ач.
6. Двумерный электронный газ в магнитном поле. Кинетические явления в сильных магнитных полях: Л – 2 ач, СР – 9 ач.
7. Экзамен: 36 ач.

#### **6) Пререквизиты:**

Изучение дисциплины опирается на знания, полученные при изучении дисциплин «Физика», «Математика», «Физика электронных и ионных процессов», «Квантовая механика», «Математическая физика» предшествующей бакалаврской подготовки.

Результаты изучения дисциплины используются при изучении, ряда дисциплин вариативной части профессионального цикла, при проведении НИРМ, при подготовке магистерской диссертации и для быстрой адаптации в первичной должности и дальнейшего профессионального роста выпускника, работающего в области современных наукоемких технологий..

#### **7) Основной учебник**

- Физика низкоразмерных систем / В.Н.Неверов, А.Н.Титов. — Екатеринбург: ГОУ ВПО «УГУ им. А.М.Горького», 2008.

#### **8) Дополнительная литература**

- Физика низкоразмерных систем / А. Я. Шик, Л. Д. Бакуева, С. Ф. Мусихин, С. А. Рыков — СПб.: Наука, 2001.

- Электронные свойства двумерных систем / Т. Андо, А. Фаулер, Ф. Стерн — Москва: Мир, 1985.

- Электронные процессы на поверхности полупроводников при хемосорбции / Ф.Ф. Волькенштейн — Москва: Наука, 1987.

- Теория двойного слоя / Р. Р. Салем — Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2003

- Электроны в неупорядоченных средах / В.Ф. Гантмахер — Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2003.

#### **9) Координатор:**

Доцент, к.ф.-м.н. В.Б. Бондаренко.

#### **10) Использование компьютера:**

Компьютер используется для демонстрации графического материала, а также при выполнении самостоятельной работы по всем разделам дисциплины.

#### **11) Лабораторные работы и проекты**

Лабораторные работы и проекты учебным планом не предусмотрены.

Оценка выставляется по результатам устного ответа на экзамене на 2 вопроса экзаменационного билета.

#### **Экзаменационные вопросы:**

1. Структура низкоразмерных систем и связь с электронными свойствами.

2. Баллистический перенос в системах пониженной размерности.
3. Естественный размерный эффект в двойных электрических слоях.
4. Эффекты локализации. Правило Иоффе-Реггеля. Сильная и слабая локализация в двумерных системах.
5. Гетеропереходы. Инверсные и дельта слои в контактах.
6. Квантово прозрачные структуры. Сверхрешётки. Минизоны в сверхрешётках.
7. Оптические низкоразмерные структуры.
8. Структуры на баллистических электронах. Системы с одноэлектронным переносом.
9. Состояния Тамма-Шокли. Расчёт в приближении сильной связи в модели линейной комбинации атомных орбиталей.
10. Поверхность в самосогласованной модели желе. Формализм функционала плотности.
11. Квазиклассическая модель плотности поверхностных состояний.
12. Концентрация поверхностного заряда. Эффективная плотность поверхностных состояний. Химический потенциал на поверхности.
13. Пиннинг уровня Ферми на поверхности полупроводника.
14. Область пространственного заряда у поверхности полупроводника и границ раздела. Одномерная модель изгиба зон: приближение линейного (дебаевского) экранирования.
15. Одномерная модель изгиба зон: приближения полностью обеднённого и обогащённого слоя.
16. Распределение электрического поля в контактах. Эффект Шоттки в контактах металл-полупроводник.
17. Равновесное распределение примеси и потенциала в области пространственного заряда полупроводника.
18. Эффективный барьер Шоттки в контакте металл-полупроводник при равновесном распределении объёмного заряда.
19. Дисперсия диэлектрического отклика двумерного электронного газа.
20. Хаотический потенциал на проводящей и диэлектрической поверхности полупроводника.
21. Влияние пространственной дисперсии диэлектрической проницаемости двумерного электронного газа на параметры хаотического потенциала.
22. Естественные неоднородности высоты эффективного барьера Шоттки в контактах металл-полупроводник.
23. Энергетический спектр и плотность электронных состояний в магнитном поле. Анизотропия магнитного отклика двумерного электронного газа.
24. Целочисленный квантовый эффект Холла. Порог подвижности в неупорядоченной системе.