

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Факультет нано- и биомедицинских технологий

УТВЕРЖДАЮ:
Проректор по учебно-методической работе,
профессор

Е.И. Елина

« 31 » _____ 2016 г.



Рабочая программа дисциплины

Физико-химические основы технологии электроники и наноэлектроники

Направление подготовки бакалавриата

11.03.04 «Электроника и наноэлектроника»

Профиль подготовки бакалавриата

«Приборы микро- и наноэлектроники, методы измерения микро- и наносистем»

Квалификация (степень) выпускника

Бакалавр

Форма обучения

очная

Саратов, 2016 г.

1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Физико-химические основы технологии электроники и нанoeлектроники» является формирование у студентов комплекса профессиональных знаний, умений и владений и усвоение материала о физико-химических основах технологии электроники и нанoeлектроники, которые необходимы для выполнения работ по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники.

Задачами освоения дисциплины являются:

- формирование и углубление знаний о физической химии материалов и технологических процессов и тех ее важнейших аспектах, которые непосредственно касаются технологии производства полупроводниковых структур, применяемых в приборах и устройствах твердотельной электроники и микроэлектроники;
- формирование умений теоретически исследовать физико-химические процессы, которые используются при производстве материалов и проведении технологических процессов для создания устройств электроники и нанoeлектроники;
- формирование владений методами и навыками современной физической химии материалов и технологических процессов для применений в электронике и микроэлектронике;
- формирование знаний практического использования физико-химических основ технологии производства устройств электроники и нанoeлектроники.

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина «Физико-химические основы технологии электроники и нанoeлектроники» относится к базовой части блока «Дисциплины (модули)» и изучается студентами дневного отделения факультета нано- и биомедицинских технологий СГУ, обучающимися по направлению 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника», профиль «Приборы микро- и нанoeлектроники, методы измерения микро- и наносистем», в течение 7 учебного семестра. Материал дисциплины опирается на ранее приобретенные студентами знания по физике, математике, химии, квантовой механике, кристаллографии и кристаллофизике, термодинамике, электродинамике, физике конденсированного состояния, физике полупроводников, подготавливает студентов к изучению в том же и последующем семестрах таких дисциплин как «Основы молекулярной электроники», «Технология материалов и структур электроники», «Методы исследования материалов и структур электроники и нанoeлектроники».

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

В результате освоения дисциплины «Физико-химические основы технологии электроники и нанoeлектроники» формируются следующие компетенции:

общепрофессиональные:

ОПК-1 – способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики.

ОПК-2 – способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат.

В результате освоения дисциплины обучающийся студент должен:

- знать: физические и химические процессы, которые используются в технологии создания приборов электроники и нанoeлектроники;
- уметь: теоретически анализировать, рассчитывать и экспериментально исследовать параметры и характеристики физико-химических процессов, которые используются в технологии создания приборов электроники и нанoeлектроники;
- владеть: методиками экспериментального исследования физико-химических процессов, которые используются в технологии создания приборов электроники и нанoeлектроники, а также методами и основными подходами к их теоретическому описанию и анализу.

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 часа.

| № п/п | Раздел дисциплины | Семестр | Неделя семестра | Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах) | | | | Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Формы промежуточной аттестации (по семестрам) |
|-------|---|---------|-----------------|--|-----|----|-----|---|
| | | | | Лек | Лаб | Пр | СРС | |
| 1. | Роль физико-химических основ технологии в развитии электроники и нанoeлектроники. | 7 | 1 | 2 | | | | Выполнение и отчет по заданию к разделу 1 |

| | | | | | | | | |
|----|---|---|----|----|----|----|----|--|
| 2. | Химическая термодинамика. | 7 | 3 | 2 | | 4 | 5 | Выполнение и отчет по задачам к разделу 2 |
| 3. | Химическая кинетика и управление химическими превращениями. | 7 | 5 | 2 | | 2 | 5 | Выполнение и отчет по задачам к разделу 3 |
| 4. | Электрохимия. | 7 | 7 | 2 | 4 | | 5 | Выполнение и отчет по задачам к разделу 4 |
| 5. | Управление точечными дефектами. | 7 | 9 | 2 | | 2 | 5 | Выполнение и отчет по задачам к разделу 5 |
| 6. | Поверхностные явления и межфазные взаимодействия. | 7 | 11 | 2 | 4 | 4 | 5 | Выполнение и отчет по задачам к разделу 6 Контрольная работа. |
| 7. | Нуклеация и рост кластеров. | 7 | 13 | 2 | 6 | 2 | 5 | |
| | Итого: | | | 14 | 14 | 14 | 30 | Зачет |

Содержание дисциплины

1. Роль физико-химических основ технологии в развитии электроники и наноэлектроники. История и предмет изучения физико-химических основ технологии электроники и наноэлектроники. Современные достижения и задачи будущего.

2. Химическая термодинамика. Закон Гесса и его применение. Закон Кирхгофа. Характеристические функции. Химический потенциал. Модели и термодинамические свойства растворов. Термодинамика образования жидких и твердых растворов. Управление фазовыми превращениями. Условия фазового и химического равновесия. Правило фаз Гиббса. Однокомпонентные системы. Давление насыщенного пара чистого вещества, раствора и смесями веществ в конденсированном состоянии. Закон Рауля. Двухкомпонентные системы и физико-химический анализ. Диаграммы плавкости с простой эвтектикой. Диаграммы плавкости веществ, образующих химическое соединение. Диаграмма состояния двухкомпонентной системы с ограниченной растворимостью компонентов в жидком состоянии. Диаграммы плавкости веществ, образующих твердые растворы с неограниченной и ограниченной растворимостью

3. Химическая кинетика и управление химическими превращениями. Закон действия масс и константа химического равновесия. Температурная зависимость констант химического равновесия. Уравнение изохоры и изобары Вант – Гоффа. Управление химическими реакциями. Принцип Ле-Шателье. Газотранспортные химические реакции. Термоактивационные процессы. Закон Аррениуса. Механизм кинетика химической реакции. Уравнение Аррениуса.

4. Электрохимия. Ионное равновесие и термодинамические свойства растворов электролитов. Термодинамика электрохимического равновесия. Электродные процессы в электрохимии. Управление ионными процессами в водных растворах электролитов.

5. Управление точечными дефектами. Точечные дефекты и физические свойства кристаллов. Квазихимический метод описания дефектов. Растворимость примесей в полупроводниках с учетом ионизации примесных атомов. Внутреннее равновесие собственных и примесных дефектов. Управление собственными дефектами путем отжига. Распределение амфотерной примеси в кристаллической решетке.

6. Поверхностные явления и межфазные взаимодействия. Поверхностное натяжение. Поверхностное давление. Формула Гиббса-Томсона. Физическая и химическая адсорбция на поверхности твердых тел. Кинетика процесса адсорбции. Уравнение изотермы Ленгмюра. Роль адсорбции, растворения и диффузии в газопоглощающих материалах.

7. Нуклеация и рост кластеров. Теория нуклеации (виды нуклеации, скорость нуклеации, нуклеационный порог). Механизмы роста пленок на реальных подложках. Зародышевый механизм роста по модели Фольмера-Хирса-Паунда. Послойный механизм роста по модели Косселя-Странского-Каишева. Спиральный (или дислокационный) механизм роста по модели Бартона-Кабреры-Франка. Эпитаксиальный рост. Особенности поверхностных процессов в микро- и наноструктурах. Размерные эффекты и фазовые переходы.

Тематика практических занятий (семинаров)

1. Растворы. Способы выражения концентраций и их взаимный пересчет.
2. Метод сухого остатка.
3. Виды растворов. Законы предельноразбавленных растворов.
4. Закон действия масс и константа химического равновесия.
5. Управление химическими реакциями. Принцип Ле-Шателье.
6. Газотранспортные химические реакции.
7. Термоактивационные процессы.
8. Ионное равновесие электролитов.
9. Квазихимический метод описания дефектов. Растворимость примесей в полупроводниках с учетом ионизации примесных атомов.
10. Кинетика процесса адсорбции. Модели адсорбции.
11. Теория нуклеации (виды нуклеации, скорость нуклеации, нуклеационный порог)

При проведении лабораторных занятий выполняются натурные эксперименты в ЛАБОРАТОРНОМ ПРАКТИКУМЕ. В течение семестра студентам предлагается выполнить ряд лабораторных работ. Критериями оценки являются: уровень теоретической подготовки, правильность предварительных расчетов, самостоятельность в проведении экспериментальной части работы и т.д.

Перечень лабораторных работ

1. Исследование монослоев поверхностно-активных веществ на водной поверхности.
2. Исследование стабильности монослоев поверхностно-активных веществ на водной поверхности.
3. Получение магнитной жидкости на основе наночастиц магнетита.
4. Применение метода пьезокварцевого микровзвешивания для исследования процесса адсорбции нанокompозитных систем.
5. Получение сферических микрочастиц карбоната кальция.
6. Измерение сопротивления жидких растворов электролитов
7. Измерение pH. Буферные растворы.

Описания всех перечисленных лабораторных работ имеются на кафедре физики полупроводников и, в том числе, изданные в книгах:

1. Физико-химия наноструктурированных материалов: рук. к лаб. практикуму : учеб. пособие для студентов фак. нано- и биомед. технологий / Б. Н. Климов [и др.] ; под общ. ред. Б. Н. Климова, С. Н. Штыкова. – Саратов : [б. и.], 2008 (Отпеч. в ООО "Новый ветер"). – 98 с.
2. Физико-химия наноструктурированных материалов : учеб. пособие для студентов фак. нано- и биомед. технологий / Б. Н. Климов [и др.] ; под ред. Б. Н. Климова, С. Н. Штыкова ; ГОУ ВПО Саратов. гос. ун-т им. Н. Г. Чернышевского. – Саратов: Новый ветер, 2009. – 216 с.

5. Образовательные технологии

При реализации различных видов учебной работы (лекции, практические занятия, самостоятельная работа) используются следующие современные образовательные технологии:

- информационно-коммуникационные технологии;
- проблемное обучение;
- исследовательские методы в обучении;
- дискуссии.

Лекционные занятия проводятся в основном в традиционной форме. При проведении лекций занятий активно используются ПК и мультимедийный проектор.

При проведении практических занятий (семинаров) в интерактивной форме осуществляется детальный анализ вопросов физики и химии технологических процессов, используемых в производстве изделий электроники и наноэлектроники.

При проведении более 50 % практических (семинарских) занятий используется ПК и мультимедийный проектор.

Студентам предлагаются различные задания, направленные на углубленное освоение дисциплины «Основы молекулярной электроники». По итогам выполнения этих заданий проводятся дискуссии, вовлекающие всех студентов в изучение современных проблем данной области.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определяется главной целью (миссией) программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием дисциплины, и в целом в учебном процессе они должны составлять не менее 50 % аудиторных занятий. Занятия лекционного типа для соответствующих групп студентов не могут составлять более 50 % аудиторных занятий.

Условия обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья:

- предоставление инвалидам по зрению или слабовидящим возможностей использовать крупноформатные наглядные материалы;
- проведение индивидуальных коррекционных консультаций для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья;
- использование индивидуальных графиков обучения и индивидуальных консультаций;
- использование дистанционных образовательных технологий.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

Самостоятельная работа студентов по дисциплине проводится в течение всего семестра и заключается в чтении и изучении литературы, подготовке к лекциям, практическим занятиям, в выполнении заданий лектора.

Рекомендуется:

- для качественного усвоения материала лекций разбирать вопросы, изложенные в каждой очередной лекции, до следующей, по непонятым деталям консультироваться у лектора, читать соответствующую литературу;
- при подготовке к семинарским занятиям пользоваться рекомендациями преподавателя, ведущего семинары, готовить краткий конспект по вопросам темы, изучать рекомендуемую основную и дополнительную литературу;

- задания, которые даются лектором во время лекции по отдельным вопросам, обязательны для выполнения, и качество их выполнения будет проверяться во время зачета и экзамена.

Студентами в течении семестра должны быть изучены самостоятельно следующие темы:

1. Привести примеры термодинамических моделей для описания растворов.
2. Рассчитать ионную силу физиологического раствора
3. Рассказать о методике построения диаграмм состояния.
4. Рассказать о методах экспериментального исследования адсорбции газа твердыми телами

Устный опрос по этим темам проводится в рамках практических занятий. Критериями оценки являются: полнота самостоятельно изученного материала, способность аргументировать свои ответы, приводить примеры и т.д.

После завершения лекционного курса студенты должны выполнить контрольную работу, в которой необходимо дать письменный ответ на 3 вопроса. Критериями оценки являются: полнота информации, последовательность изложения материала, наличие примеров и т.д.

Контрольная работа:

Вариант А

1. Применить квазихимический метод для описания генерации носителей зарядов в полупроводниках (собственная, примесная)
2. Рассчитать давление (давление Лапласа (поверхностное давление)) для случая капли жидкости расположенной между двумя цилиндрами
3. Описать, как изменяется растворимость газов в жидкости с увеличением температуры

Вариант В

1. Применить квазихимический метод для описания диссоциации молекул воды, а также изменения рН за счет добавления щелочи или кислоты.
2. Рассчитать давление (давление Лапласа (поверхностное давление)) для случая капли жидкости в виде цилиндра
3. Написать выражение для концентрационной зависимости растворимости в случае молекулярной растворимости и в случае атомарной растворимости

Студенты должны продемонстрировать применение теоретических знаний для решения практических задач.

Результаты выполнения контрольной работы учитываются при проведении промежуточной аттестации студентов.

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета (7-й семестр).

**Контрольные вопросы для проведения промежуточной аттестации
по итогам освоения дисциплины**

1. Проведите классификацию жидких растворов и дайте определение твердых растворов и их классификацию
2. Сформулируйте условие фазового и химического равновесия. Правило фаз Гиббса.
3. Рассмотрите равновесие в заряженных системах
4. Давление насыщенного пара чистого вещества, раствора и смесями веществ в конденсированном состоянии. Закон Рауля.
5. Коэффициент сегрегации
6. Объясните роль физико-химического анализа и перечислите основные его свойства
7. Рассмотрите основные виды диаграмм плавкости.
8. Объясните правило рычага, приведите пример иллюстрирующий его применение.
9. Объясните, что такое точка эвтектики, приведите примеры эвтектических сплавов.
10. Сформулируйте закон действия масс и приведите пример его использования
11. Сформулируйте принцип Ле-Шателье
12. Проведите классификацию дефектов и объясните принцип применения квазихимического метода описания дефектов
13. Объясните растворимость примесей в полупроводниках
14. Примените квазихимический метод для объяснения равновесия собственных и примесных дефектов
15. Сформулируйте способы управления дефектами
16. Сформулируйте основные положения термодинамики химической реакции
17. Дайте определение поверхностного натяжения и давления
18. Объясните отличие физической и химической адсорбции
19. Сформулируйте уравнение для мономолекулярной адсорбции и проанализируйте решение
20. Рассмотрите свойства газопоглощающих материалов
21. Расскажите о теории нуклеации. Сравните виды нуклеации, с точки зрения величины нуклеационного барьера
22. Рассмотрите основные виды механизмов роста тонких пленок.
23. Расскажите о методах получения наноразмерных пленок.

7. Данные для учета успеваемости студентов в БАРС

Таблица 1. Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности.

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|----------|--------|----------------------|----------------------|------------------------|---------------------------------|----------------------------------|--------------------------|-------|
| Семестр. | Лекции | Лабораторные занятия | Практические занятия | Самостоятельная работа | Автоматизированное тестирование | Другие виды учебной деятельности | Промежуточная аттестация | Итого |
| 7 | 4 | 21 | 30 | 5 | - | - | 40 | 100 |

Программа оценивания учебной деятельности студента

7 семестр

Лекции (0-4 баллов)

Работа на лекциях, участие в обсуждениях, дискуссиях, краткие сообщения, доклады.

Критерии оценки:

не более 50% от числа занятий в семестре – 0 баллов;

от 51% до 60% - 1 балл;

от 61% до 70% - 2 балла;

от 71% до 80% - 3 балла;

от 81% до 100% - 4 балла.

Лабораторные занятия (0-21 балла)

Предусмотрено выполнение 7 лабораторных работ, каждая работа оценивается в диапазоне 0 – 3 балла. Учитывается самостоятельность при выполнении лабораторных работ, грамотность в оформлении отчетов, правильность выполнения и т.д. Таким образом; по данному виду занятий максимально возможное количество баллов – 21.

Практические занятия (0-30 баллов)

Практические занятия посвящены освоению 10 тем, в рамках которых студентам предлагаются различные задания. Освоение каждой темы оценивается в диапазоне 0-2 балла. Критерии оценки: самостоятельность при выполнении работы, активность работы в аудитории, правильность выполнения заданий, уровень подготовки к занятиям и т.д.

По итогам освоения всех тем проводится контрольная работа, задания охватывают весь пройденный материал. Выполнение контрольной работы оценивается в диапазоне 0-10 баллов. Критерии оценки: правильность выполнения заданий, уровень знаний, демонстрируемых студентом.

Самостоятельная работа (0-5 баллов)

Решение заданий для самоконтроля. Критерии оценки: правильность решения, общий уровень знаний.

Промежуточная аттестация (зачёт) (0-40 баллов)

Промежуточная аттестация проводится в форме устного собеседования.

36-40 баллов - ответ на «отлично»

30-35 баллов - ответ на «хорошо»

25-29 баллов - ответ на «удовлетворительно»

0-24 баллов - ответ на «неудовлетворительно»

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за 7 семестр по дисциплине «Физико-химические основы технологии электроники и нанoeлектроники» составляет 100 баллов.

Таблица 2. Пересчет полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Физико-химические основы технологии электроники и нанoeлектроники» в оценку (зачет):

| | |
|-------------------|--------------|
| 60 баллов и более | «зачтено» |
| меньше 60 баллов | «не зачтено» |

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Введение в процессы интегральных микро- и нанотехнологий: в 2 т. / под общ. ред. Ю. Н. Коркишко. Т. 1 : Физико-химические основы технологии микроэлектроники / Ю. Д. Чистяков, Ю. П. Райнова. - М. : БИНОМ. Лаб. знаний, 2010. - 392 с. (в НБ СГУ 15 экз.)
2. Физические и химические основы нанотехнологий / Н. Г. Рамбиди, А. В. Берёзкин. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2009. - 454 с. (70 экз)

б) дополнительная литература:

1. **Барыбин А. А.** Электроника и микроэлектроника. Физико-технологические основы [Текст] : учеб. пособие / - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 423, [1] с. **Гриф УМО** (5 экз.), 2006 (8 экз.)
2. **Суздалев И. П.** Нанотехнология. Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов [Текст] / - Москва : КомКнига, 2006. - 589, [3] с. (в ЗНБ СГУ 9 экз.)
3. **Барыбин А. А., Сидоров В. Г.** Физико-технологические основы электроники [Текст] : учеб. пособие / - Санкт-Петербург : Лань, 2001. - 268, [4] с. (в ЗНБ СГУ 4 экз.)
4. **Пасынков В. В., Сорокин В. С.** Материалы электронной техники [Текст] : учеб. для студентов вузов, обучающихся по специальности электрон. техники / - 5-е изд., стер. - Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2003. - 366, [2] с. (в ЗНБ СГУ 30 экз.)

в) рекомендуемая литература

1. Физико-химия наноструктурированных материалов : учеб. пособие для студентов фак. нано- и биомед. технологий / Б. Н. Климов [и др.] ; под ред. Б. Н. Климова, С. Н. Штыкова ; ГОУ ВПО Саратов. гос. ун-т им. Н. Г. Чернышевского. - Саратов : Новый ветер, 2009. - 216, [1] с. (3 экз.)

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы


1. Windows XP Prof
2. Антивирус Касперского 6.0 для Windows Workstations
3. Microsoft Office профессиональный 2010
4. Каталог образовательных Интернет-ресурсов. - Режим доступа: <http://window.edu.ru>
5. Зональная научная библиотека им. В.А.Артисевич Саратовского государственного университета им.Н.Г.Чернышевского. - Режим доступа: <http://library.sgu.ru/>

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Занятия по дисциплине «Физико-химические основы технологии электроники и наноэлектроники» проводятся в аудиториях, оснащенных компьютерной техникой, измерительными приборами и лабораторным оборудованием, проекторами, наглядными демонстрационными материалами плакатами. Учебные аудитории соответствуют действующим санитарным и противопожарным нормам, а также требованиям техники безопасности при проведении учебных и научно-производственных работ.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника» и профилем подготовки «Приборы микро-и наноэлектроники, методы измерения микро- и наносистем».

Автор:
профессор кафедры
физики полупроводников, д.х.н.

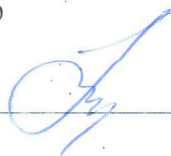


Горин Д.А.

Программа разработана в 2011 г. (одобрена на заседании кафедры физики полупроводников от 1 февраля 2011 г., протокол № 7).

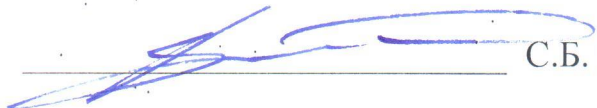
Программа актуализирована в 2016 г. (одобрена на заседании кафедры физики полупроводников от 28 марта 2016 г., протокол № 9).

Зав. кафедрой физики полупроводников,
профессор



А.И. Михайлов

Декан факультета нано- и биомедицинских
технологий, профессор



С.Б. Вениг