

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Физический факультет

УТВЕРЖДЕНО

решением Ученого совета ННГУ

протокол № 6 от 31.05.2023 г.

Рабочая программа дисциплины

Основы технологии материалов

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Направление подготовки / специальность

11.03.04 - Электроника и нанoeлектроника

Направленность образовательной программы

Радиофотоника и оптоэлектроника

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2021 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.12 Основы технологии материалов относится к обязательной части образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-3: Готовность применять знания о фундаментальных основах технологических процессов получения материалов и компонентов электроники и наноэлектроники в профессиональной деятельности	<p>ПК-3.1: Знает фундаментальные основы технологических процессов получения материалов и компонентов электроники и наноэлектроники</p> <p>ПК-3.2: Умеет проводить экспериментальные работы по отработке и внедрению новых технологических процессов производства изделий микроэлектроники</p> <p>ПК-3.3: Владеет опытом разработки методик экспериментальной проверки технологических процессов и исследования параметров наноструктурированных материалов</p>	<p>ПК-3.1:</p> <p>Знать фундаментальные основы технологических процессов получения материалов и компонентов электроники и наноэлектроники, в том числе, физико-химические принципы выращивания слитков полупроводников, принципы выбора опти-мальных материалов (диэлектриков, металлов, полупроводников), применяемых при производстве электронной компонентной базы</p> <p>ПК-3.2:</p> <p>Уметь объяснять сущность физических и химических явлений на этапах технологических процессов, может проводить экспериментальные работы по отработке и внедрению новых технологических процессов производства изделий микроэлектроники</p> <p>ПК-3.3:</p> <p>Иметь навыки проведения технологических процессов и контроля свойств получающихся материалов</p>	<p>Допуск к лабораторной работе</p> <p>Отчет по лабораторным работам</p>	<p>Зачёт:</p> <p>Контрольные вопросы</p>

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	3
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	1
самостоятельная работа	43
Промежуточная аттестация	0 зачёт

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/ лабора- торные работы), часы	Всего	
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о
Введение: Цели и задачи изучения материалов электронной техники. Основные понятия и определения.	4	2		2	2
Классификация материалов: Кристаллические и аморфные твердые тела. Типы межатомных связей. Классификация материалов по величине и характеру проводимости.	10	6		6	4
Физические процессы в диэлектриках: Поляризация диэлектриков. Механизмы электропроводности диэлектриков.	8	4		4	4
Диэлектрические материалы: Сегнетоэлектрики, пьезоэлектрики, материалы для лазеров.	8	4		4	4
Полупроводниковые материалы: Классификация полупроводников, особенности зонной структуры полупроводников.	12	6		6	6
Методы получения тонких пленок: Методы получения и измерения вакуума. Принципы магнетронного метода.	44		32	32	12
Металлы и сплавы: Классификация проводниковых материалов. Диаграммы состояния двойных металлических систем.	12	6		6	6
Высокочистые вещества: Общая характеристика чистоты веществ, используемых в электронной технике. Классификация веществ высокой чистоты	9	4		4	5
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	108	32	32	65	43

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

- 1) Напыление тонких пленок испарением в вакууме : практикум / А. В. Ершов, А. В. Нежданов ; ННГУ им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2020. - 30 с. - Текст : электронный. <http://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=794678&idb=0>;
- 2) Физика твердого тела. Лабораторный практикум. Т.1. Методы получения твердых тел и исследования их структуры. Под ред. А.Ф. Хохлова. Нижний Новгород: Изд-во ННГУ, 2000. - С. 315-333.

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Допуск к лабораторной работе) для оценки сформированности компетенции ПК-3

По рекомендованным пособиям усвоить следующие вопросы:

1. Что такое вакуум?
2. Виды вакуума: низкий, средний, высокий, сверхвысокий. Чем отличаются?
3. В каких единицах измеряется вакуум?
4. Как перейти от одних единиц к другим?
5. Классификация вакуумметров. Диапазоны давлений, измеряемых различными типами вакуумметров.
6. Объясните принцип действия термометрического вакуумметра. Как он устроен конструктивно?
7. Принцип действия ионизационных вакуумметров. Принципиальное устройство.
8. Какие насосы применяются для создания того или иного вакуума?
9. Устройство основных типов механических насосов: пластинчато-статорного, пластинчато-роторного, Рутса.
10. С какой целью в механических насосах используется масляное уплотнение?
11. Почему по достижении предельного давления скорость откачки насоса падает до нуля?
12. Устройство диффузионного насоса.
13. Для чего служит лабиринт в диффузионном насосе?
14. В каком диапазоне давлений работает диффузионный насос?
15. Принципиальное устройство турбомолекулярного насоса.

Критерии оценивания (оценочное средство - Допуск к лабораторной работе)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Студент знает современные технологические методы формирования материалов и современные методы контроля и диагностики их свойств. Студент отвечает полностью на вопросы доруска, показывая удовлетворительное знание основ курса и базовых понятий. При ответе на дополнительные вопросы допускаются незначительные неточности.

Оценка	Критерии оценивания
не зачтено	Студент показывает неудовлетворительное знание основ курса и базовых понятий.

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам) для оценки сформированности компетенции ПК-3

В отчете отразить следующие моменты выполнения задания:

- 1) Поместите подложку и распыляемую мишень в вакуумный объем установки магнетронного нанесения и получите необходимый вакуум. Осуществите напуск рабочего газа (Ar) до необходимого давления, включите напряжение между анодом и катодом. Наблюдайте появление разряда и установите необходимый ток разряда. Выдержите определенное время для нанесения пленки. Дождитесь охлаждения мишени, перекройте откачку и сделайте напуск воздуха в объем. Откройте камеру и достаньте образец с нанесенной пленкой. Закройте камеру, откачайте объем и выключите установку;
- 2) Определите толщину нанесенной пленки (и, соответственно, скорость нанесения) доступным методом, например, на интерференционном микроскопе МИИ-4.
- 3) Опишите преимущества магнетронного метода нанесения тонких пленок по сравнению с другими методами.

Критерии оценивания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Выполнены все задания лабораторной работы. Отчеты оформлены правильно, полно и аккуратно. Представлены все необходимые рисунки, схемы и графики. Оформление графиков полностью соответствует общепринятым требованиям. Могут присутствовать незначительные недочёты, которые студент после замечания преподавателя способен исправить самостоятельно.
не зачтено	Не выполнены одно или более заданий лабораторных работ. Отчеты выполнены с ошибками, не все рисунки и схемы представлены. Оформление графиков не соответствует общепринятым требованиям. Требования к оформлению отчетов не соблюдены.

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатор достижения)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				

компет енций)							
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимальн о допустимы й уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответству ющем программе подготовки . Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответству ющем программе подготовки . Допущено несколько несуществе нных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответств ующем программе подготовк и. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающе м программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельным и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».

	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации

5.3.1 Типовые задания, выносимые на промежуточную аттестацию:

Оценочное средство - Контрольные вопросы

Зачёт

Критерии оценивания (Контрольные вопросы - Зачёт)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Студент отвечает полностью на вопросы зачета, показывая удовлетворительное знание основ курса и базовых понятий. При ответе на дополнительные вопросы допускаются незначительные неточности.
не зачтено	Студент показывает неудовлетворительное знание основ курса и базовых понятий.

Типовые задания (Контрольные вопросы - Зачёт) для оценки сформированности компетенции ПК-3 (Готовность применять знания о фундаментальных основах технологических процессов получения материалов и компонентов электроники и нанoeлектроники в профессиональной деятельности)

1. Агрегатные состояния вещества и их общая характеристика. Различия между кристаллическими и аморфными веществами.
2. Типы межатомных связей. Взаимодействие типа Ван-дер-Ваальса.
3. Характеристики других типов межатомной связи: ионная, ковалентная и металлическая.
4. Электрические характеристики диэлектриков: вектор поляризации, диэлектрическая восприимчивость, диэлектрическая проницаемость.
5. Механизмы поляризации диэлектриков: электронная упругая поляризация, ионная упругая, дипольная упругая.
6. Тепловая поляризация: ионная тепловая, дипольная тепловая.
7. Частотная зависимость диэлектрической проницаемости.
8. Тангенс угла диэлектрических потерь, электропроводность диэлектриков.
9. Пробой диэлектриков: тепловой и электрический пробой.
10. Температура Кюри для сегнетоэлектриков. Формирование доменной структуры в сегнетоэлектрике.
11. Пьезоэлектрики, прямой и обратный пьезоэлектрические эффекты.

12. Классификация полупроводников.
13. Методы выращивания монокристаллов кремния и германия.
14. Характеристики чистоты веществ.
15. Дистилляция. Закон Рауля. Принцип дистилляции на примере диаграммы состояния «состав раствора - температура кипения». Принцип работы ректификационной колонны.
16. Понятия фазы и компонента. Фазовые переходы. Правило фаз Гиббса.
17. Экспериментальное построение диаграмм состояния.
18. Диаграмма состояния 1-го рода для двухкомпонентной системы.
19. Кривые охлаждения для доэвтектического, эвтектического и заэвтектического составов (диаграмма состояния 1-го рода).
20. Правило отрезков.
21. Диаграмма состояния 2-го рода для двухкомпонентной системы.
22. Применение правила отрезков для диаграммы состояния 2-го рода.
23. Кривые охлаждения для диаграммы состояния 2-го рода.
24. Диаграмма состояния 3-го рода для двухкомпонентной системы. Диаграмма с эвтектикой.
25. Кривые охлаждения для диаграммы состояния 3-го рода (с эвтектикой).
26. Диаграмма состояния 3-го рода для двухкомпонентной системы. Диаграмма с перитектикой.
27. Кривые охлаждения для диаграммы состояния 3-го рода (с перитектикой).
28. Диаграмма состояния 4-го рода для двухкомпонентной системы. Диаграмма с устойчивым химическим соединением.
29. Кристаллизационные процессы. Понятие коэффициента распределения. Вычисление величины K из диаграммы состояния.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Таиров Юрий Михайлович. Технология полупроводниковых и диэлектрических материалов : [учеб. для вузов по специальности "Полупроводники и диэлектрики", "Полупроводниковые и микроэлектронные приборы"]. - М. : Высшая школа, 1983. - 271 с. : ил. - 1.10., 25 экз.

Дополнительная литература:

1. Пасынков Владимир Васильевич. Материалы электронной техники : [учеб. для вузов по специальности "Полупроводники и диэлектрики", "Полупроводниковые и микроэлектрон. приборы"]. - М. : Высшая школа, 1980. - 406 с. : ил. - 1.30., 2 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

Сорокин В.С., Антипов Б.Л., Лазарева Н.П. Материалы и элементы электронной техники. Активные диэлектрики, магнитные материалы, элементы электронной техники. Лань, 2016 – 384 с. (https://e.lanbook.com/book/71735?category_pk=925#book_name) - доступ с компьютеров ННГУ.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: - Вакуумная установка ВУП-4 для магнетронного нанесения пленок материалов электронной техники; - Микроинтерферометр Линника МИИ-4 для измерения толщины нанесенных пленок; - Демонстрационные вакуумные насосы и измерители вакуума.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению 11.03.04 - Электроника и нанoeлектроника.

Автор(ы): Данилов Юрий Александрович, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник.

Рецензент(ы): Хомицкий Денис Владимирович, кандидат физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Павлов Дмитрий Алексеевич, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 20.05.2023, протокол № б/н.