



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.О.04.07 Нанoeлектроника и наноматериалы**

**Направление подготовки:** 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

**Направленность (профиль):** Электроника и робототехника

**Квалификация (степень):** *бакалавр*

**Форма обучения:** *очная*

**Институт:** математики, естествознания и техники

**Кафедра:** физики, радиотехники и электроники

	очная форма	очно-заочная форма	заочная форма
Курс	2		
Семестр/триместр	3, 4		
Лекции	72		
Лабораторные занятия			
Практические (семинарские) занятия	72		
в т.ч. практическая подготовка			
Консультации			
Формы промежуточной аттестации	Зачет, Зачет с оценкой		
Контроль			
Иные формы работы			
Самостоятельная работа	108		

**Всего часов:** 252

**Трудоемкость:** 7 зачетных единиц.

Разработчик(и) рабочей программы:

кандидат физико-математических наук, доцент \_\_\_\_\_ А. В. Сидоров

подпись



## I. ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

**Цель изучения дисциплины:** формирование научной основы для осознанного и целенаправленного использования свойств твердых тел, в прежде всего – полупроводников, при создании элементов, приборов и устройств нанoeлектроники, дать представление о предельных возможностях микротехнологий, об основных направлениях развития современной нанотехнологии, о материалах и методах нанотехнологий применительно к созданию элементной базы нанoeлектроники, квантовых приборов и устройств.

### **Задачи изучения дисциплины:**

- изучение основ строения материалов и физики происходящих в них явлений, технологии материалов электронной и микроэлектронной техники, материалов нанoeлектроники;
- изучение физических процессов и законов, лежащих в основе принципов действия полупроводниковых приборов, и определяющих характеристики и параметры этих приборов;
- создание основы для последующего изучения вопросов физики полупроводниковых приборов, включая элементы и приборы нанoeлектроники, физики низкоразмерных систем, твердотельной электроники и технологии микро- и нанoeлектроники.

изучение эффектов, определяющих особые закономерности протекания различных физико-химических процессов в пространственных областях нанометровых размеров;

- обзор различных нанотехнологических процессов создания наноматериалов;
- ознакомление с современными достижениями по созданию и применению наноустройств;
- обзор основных тенденций развития нанотехнологий в мире;
- - знакомство с современными экспериментальными средствами исследования материалов с нанометровым пространственным разрешением.

**Место дисциплины в структуре ОПОП:** реализуется в рамках вариативной части (части, формируемой участниками образовательных отношений) блока Б1.О.04.07.

### **Планируемые результаты обучения по дисциплине:**

Код компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
УК-1	<b>Знать:</b> - методы поиска информации и работы с ней; - сущность системного подхода	<b>Знает:</b> методы поиска информации о материалах электроники и нанoeлектроники и работы с ней; - сущность системного подхода -
	<b>Уметь:</b> - анализировать задачу, выделять этапы ее решения, осуществлять действия по решению;	<b>Умеет:</b> анализировать задачу в области нанoeлектроники, выделять этапы

		ее решения, осуществлять действия по решению;
	<b>Владеть:</b> - навыками оценивания практических последствий возможных вариантов решения задачи; -	<b>Владеет:</b> - навыками оценивания практических последствий возможных вариантов решения задачи в профессиональной деятельности;
<b>ОПК-1</b> Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности	<b>Знать:</b> фундаментальные законы природы и основные физические и математические законы	<b>Знает:</b> фундаментальные законы нанoeлектроники и наноматериалов
	<b>Уметь:</b> применять физические законы и математически методы для решения задач теоретического и прикладного характера	<b>Умеет:</b> применять физические законы и математически методы для решения задач нанoeлектроники и наноматериалов
	<b>Владеть:</b> навыками использования знаний физики и математики при решении практических задач	<b>Владеет:</b> навыками использования знаний физики и математики при решении задач нанoeлектроники
<b>ОПК-2</b> Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных	<b>Знать:</b> основные методы и средства проведения экспериментальных исследований, системы стандартизации, способы обработки и представления полученных данных и оценки погрешности результатов измерений	<b>Знает:</b> основные методы и средства проведения экспериментальных исследований, системы стандартизации, способы обработки и представления полученных данных и оценки погрешности результатов измерений в области нанoeлектроники и наноматериалов
	<b>Уметь:</b> находить и критически анализировать информацию, необходимую для решения поставленной задачи; выбирать способы и средства измерений и проводить экспериментальные исследования; рассматривать возможные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки	<b>Умеет:</b> находить и критически анализировать информацию, необходимую для решения поставленной задачи; выбирать способы и средства измерений и проводить экспериментальные исследования в области нанoeлектроники и наноматериалов; рассматривать возможные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки в области нанoeлектроники и наноматериалов
	<b>Владеть:</b> навыками формулировки в рамках поставленной цели проекта совокупности взаимосвязанных задач, обеспечивающих ее достижение; способами обработки и представления полученных данных и оценки погрешности результатов измерений;	<b>Владеет:</b> навыками формулировки в рамках поставленной цели проекта совокупности взаимосвязанных задач, обеспечивающих ее достижение; способами обработки и представления полученных данных и оценки

	методами определения ожидаемых результатов решения выделенных задач	погрешности результатов измерений в области наноэлектроники и наноматериалов; методами определения ожидаемых результатов решения выделенных задач в области наноэлектроники и наноматериалов
--	---	---

## II. СОДЕРЖАНИЕ И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу

### Очная форма обучения

№ п/п	Наименование разделов и тем	Всего	Аудиторные занятия			Сам. раб.
			ЛК	ПЗ	ЛБ	
	<b>Раздел 1. «Физические принципы наноэлектроники»</b>	<b>21,6</b>	<b>7,2</b>	<b>7,2</b>		<b>7,2</b>
1.	Тема 1. «Области применения квантоворазмерных структур (КРС)»	10,8	3,6	3,6		3,6
2.	Тема 2. «Основные преимущества приборов на основе КРС.»	10,8	3,6	3,6		3,6
	<b>Раздел 2. «Технология создания твёрдотельных наноструктур»</b>	<b>32,4</b>	<b>10,8</b>	<b>10,8</b>		<b>10,8</b>
3.	Тема 3. «Наноструктуры и наноматериалы»	10,8	3,6	3,6		3,6
4.	Тема 4. «Транспорт носителей заряда вдоль потенциальных барьеров»	10,8	3,6	3,6		3,6
5.	Тема 5. «Туннелирование носителей заряда»	10,8	3,6	3,6		3,6
	<b>Раздел 3. «Основы манипуляции наноразмерными объектами»</b>	<b>54</b>	<b>18</b>	<b>18</b>		<b>18</b>
6.	Тема 6. «Принципы работы сканирующих зондовых микроскопов»	10,8	3,6	3,6		3,6
7.	Тема 7. «Традиционные методы осаждения плёнок»	10,8	3,6	3,6		3,6
8.	Тема 8. «Физические процессы, используемые для атомных манипуляций»	10,8	3,6	3,6		3,6
9.	Тема 9. «Основные техноло-	10,8	3,6	3,6		3,6

	гические приёмы формирования наноструктур с помощью СТМ»					
10.	Тема 10. «Квантово-точечные клеточные автоматы, логические устройства на их основе»	10,8	3,6	3,6		3,6
	Контроль:					
	Консультации					
	в т.ч. практическая подготовка					
	Форма отчетности	зачет				
	Итого семестр 3	<b>108</b>	<b>36</b>	<b>36</b>		<b>36</b>
	<b>Раздел 4. Материалы нанотехнологий</b>	<b>54</b>	<b>18</b>	<b>18</b>		<b>36</b>
11.	Тема 11. Введение в нанотехнологию (НТ)	10,8	3,6	3,6		7,2
12.	Тема 12. Наноструктурные элементы вещества	10,8	3,6	3,6		7,2
13.	Тема 13. Материалы на основе наноструктурных элементов	10,8	3,6	3,6		7,2
14.	Тема 14. Материалы электроники для нанотехнологий .	10,8	3,6	3,6		7,2
15.	Тема 15. Методы самосборки наноструктур. Метод Ленгмюра-Блоджетт	10,8	3,6	3,6		7,2
	<b>Раздел 5 . Сканирующий зондовый микроскоп и Экспериментальные методики сканирующей зондовой микроскопии</b>	<b>54</b>	<b>18</b>	<b>18</b>		<b>36</b>
16.	Тема 16. «История открытия и развития конструкций сканирующих зондовых микроскопов»	10,8	3,6	3,6		7,2
17.	Тема 17. «Сканирующий туннельный микроскоп»	10,8	3,6	3,6		7,2
18.	Тема 18. «Получение атомарного разрешения в сканирующем туннельном микроскопе»	10,8	3,6	3,6		7,2
19.	Тема 19. «Методы обработки и анализа кадров сканирующей зондовой микроскопии»	10,8	3,6	3,6		7,2
20.	Тема 20. «Методики получения физических характеристик образца в сканирующей	10,8	3,6	3,6		7,2

	щих зондовых микроско- пах»					
	Форма отчетности	Зачет с оценкой				
	Итого семестр 4	<b>144</b>	<b>36</b>	<b>36</b>		<b>72</b>
	Контроль:					
	Консультации					
	в т.ч. практическая подго- товка					
	ИТОГО:	252	72	72		144

**Очно-заочная форма обучения** (*не реализуется*)

**Заочная форма обучения** (*не реализуется*)

### **III. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Текущая аттестация проводится в форме теста.

#### **Тестовые задания 3 семестр**

- Что обозначает приставка «нано»?
  - а) дольная приставка единиц, обозначающая  $10$  в минус  $9$  степени
  - б) одна миллионная
  - в) одна сотая
  - г) одна десятая
- Наночастицы это ...
  - а) объекты (частицы) с характерным размером в  $1-100$  нанометров хотя бы по одному измерению
  - б) объекты (частицы) с характерным размером в от  $1$  до  $2$  нанометров
  - в) объекты (частицы) с характерным размером от  $1$  до  $1000000$  нанометров
  - г) объекты (частицы) с характерным размером от  $1$  до  $500$  нанометров
- Отличительной особенностью светодиодов в отличие от обычных ламп накаливания является то, что они:
  - а) дешевые
  - б)  $95\%$  энергии у них превращается в тепло
  - в) экономичные
  - г) дают комфортный свет
- Графен - это...
  - а) материал с очень высокой проводимостью электричества и тепла
  - б) революционный материал  $21$  столетия
  - в) двумерная аллотропная модификация углерода
- Что такое фуллерен?
  - а) Железосодержащая наноструктура, используемая в медицине
  - б) Углеродная нанотрубка
  - в) Семейство шарообразных полых молекул общей формулы  $C_n$
  - г) Плоский лист графита мономолекулярной толщины
- Фуллерен состоит из атомов:
  - а) кислорода

- б) водорода
  - в) кремния
  - г) углерода
7. Металл, наночастицы которого эффективно борются с бактериями и вирусами?
- а) железо
  - б) серебро
  - в) алюминий
  - г) медь
8. Какими обязательными свойствами должен обладать кантилевер?
- а) должен проводить электрический ток
  - б) должен быть выполнен из магнитного материала
  - в) должен быть выполнен из закалённой стали
  - г) должен быть гибким с известной жесткостью
9. Кто ввел в научную литературу термин наноматериалы?
- а) Г. Глейтер
  - б) Ж. И. Алферов
  - в) Р. Фейнман
  - г) Э. Дрекслер
10. Как называется самая высокая энергетическая зона в энергетическом спектре полупроводников?
- а) Зона проводимости
  - б) Запретная зона
  - в) Валентная зона
  - г) Квантовая зона
11. В каком микроскопе используется кантилевер?
- а) Сканирующий туннельный микроскоп
  - б) Оптический микроскоп
  - в) Растровый микроскоп
  - г) Просвечивающий электронный микроскоп
12. Работа сканирующего туннельного микроскопа основана на:
- а) Дифракции рентгеновских лучей
  - б) Эффекте туннелирования электронов через тонкий диэлектрический промежуток между проводящей поверхностью образца и сверхострой иглой
  - в) Просвечивании образца рентгеновскими лучами
  - г) Просвечивании образца пучком электронов при ускоряющем напряжении 200-400 кВ
13. Обращаются ли в нуль волновые функции на границе квантовой ямы
- а) да
  - б) нет
  - в) Ответ зависит от ширины квантовой ямы
  - г) Вопрос поставлен некорректно
14. Что такое нанотрубки?
- а) Протяженные структуры, состоящие из свёрнутых гексагональных сеток с атомами углерода в узлах
  - б) Семейство шарообразных полых молекул общей формулой  $C_n$
  - в) Протяженные структуры из углеродных переплетённых цепей
  - г) Металлоорганические витые полимеры
15. Что означает относящийся к созданию нанобъектов термин "Top down"?
- а) Диспергирование, уменьшение размера объекта
  - б) Структурообразование, создание наноструктур из атомов и молекул
  - в) Создание наноструктурированного слоя на нижней поверхности объекта
  - г) Создание наноструктурированного слоя осадительными методами



## Тестовые задания 4 семестр

### Часть А

A1) Какой метод не относится к основным методам получения углеродных нанотрубок и нановолокон?

1. Дуговой 2. Лазерно-термический 3. Пиролитический 4. Биотехнологический

A2) Образование супермолекулы в супрамолекулярной химии можно описать как:

1. Рецептор + субстрат(ы) 2. Рецептор + рецептор 3. Субстрат + субстрат(ы) 4. Рецептор + мономеры

A3) Какими обязательными свойствами должен обладать кантилевер?

1. Должен проводить электрический ток 2. Должен быть выполнен из магнитного материала 3. Должен быть выполнен из закалённой стали 4. Должен быть гибким с известной жесткостью

A5) Какой из микроскопов изобретён позже остальных?

1. Сканирующий силовой микроскоп 2. Сканирующий туннельный микроскоп 3. Растровый микроскоп 4. Просвечивающий электронный микроскоп

A6) Кто ввел в научную литературу термин наноматериалы?

1. Г. Глейтер 2. Ж. И. Алферов 3. Р. Фейнман 4. Э. Дрекслер

A7) Если поместить тонкий слой полупроводника с широкой запрещённой зоной между двумя полупроводниками с узкой запрещённой зоной то получится:

1. Квантовая точка 2. Квантовая яма 3. Квантовый барьер 4. Квантовая игла

A8) Что такое фуллерен?

1. Железосодержащая наноструктура, используемая в медицине 2. Углеродная нанотрубка 3. Семейство шарообразных полых молекул общей формулы  $C_n$  4. Плоский лист графита мономолекулярной толщины

A9) Какое свойство характерно для микроэмульсии?

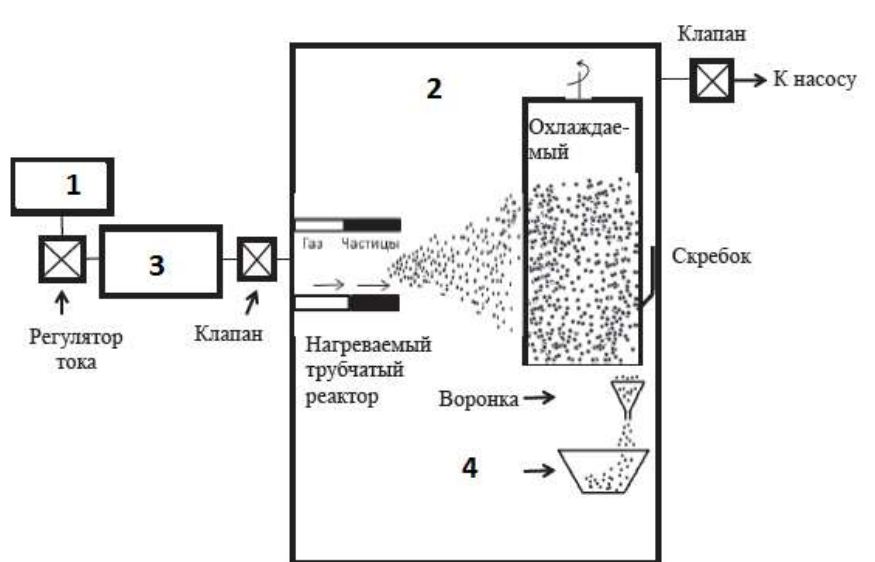
1. Микроэмульсии прозрачные жидкости 2. Микроэмульсии имеют тёмно-серый цвет 3. Микроэмульсии непрозрачные жидкости 4. Микроэмульсии являются хорошими проводниками электричества

A10) Какая из наноструктур является термодинамически неустойчивой?

1. Микроэмульсия 2. Мицеллы 3. Углеродные нанотрубки 4. Наноструктуры, формирующиеся интенсивной пластической деформацией

### Часть Б

Б1) Поставьте в соответствие отдельные элементы установки получения нанопорошков из металлоорганического прекурсора методом газофазного синтеза их названиям

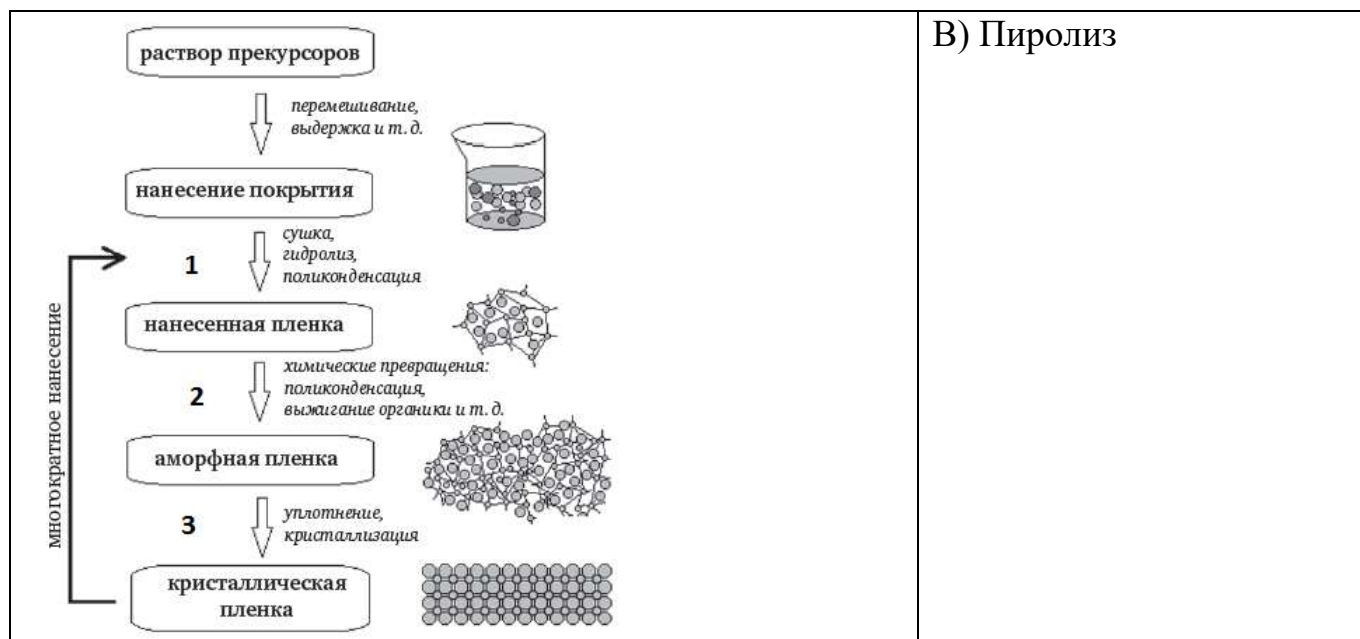
	<p>А) несущий газ</p> <p>Б) Рабочая камера</p> <p>В) Источник прекурсора</p> <p>Г) Коллектор</p>
---	--

Б2) Поставьте в соответствие наноматериал и метод его получения

1. Золь-гель метод	А) Нанопорошок меди
2. Метод гидротермального синтеза	Б) Нанопорошок оксида металла
3. Метод жидкофазного восстановления из растворов	В) Оксидная керамика
4. Метод криогенной сушки	Г) Нанопорошок оксидов металлов с узким разбросом по размеру частиц

Б3) Поставьте в правильном порядке

	А) Нанесение
	Б) Температурная обработка

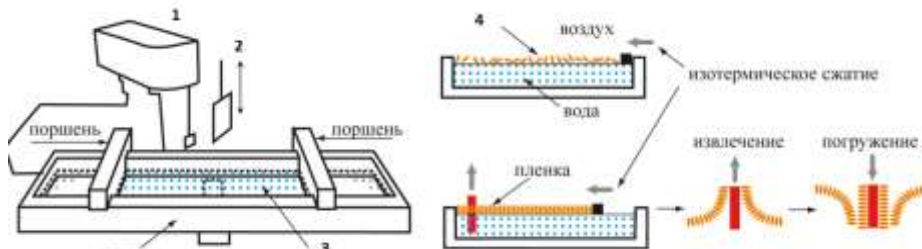


Б4) Поставьте в соответствие название углеродной наноструктуры ее изображению

	А) Нанотрубка
	Б) Наноконус
	В) Нанохорон
	Г) Графен
	Д) Фуллерен

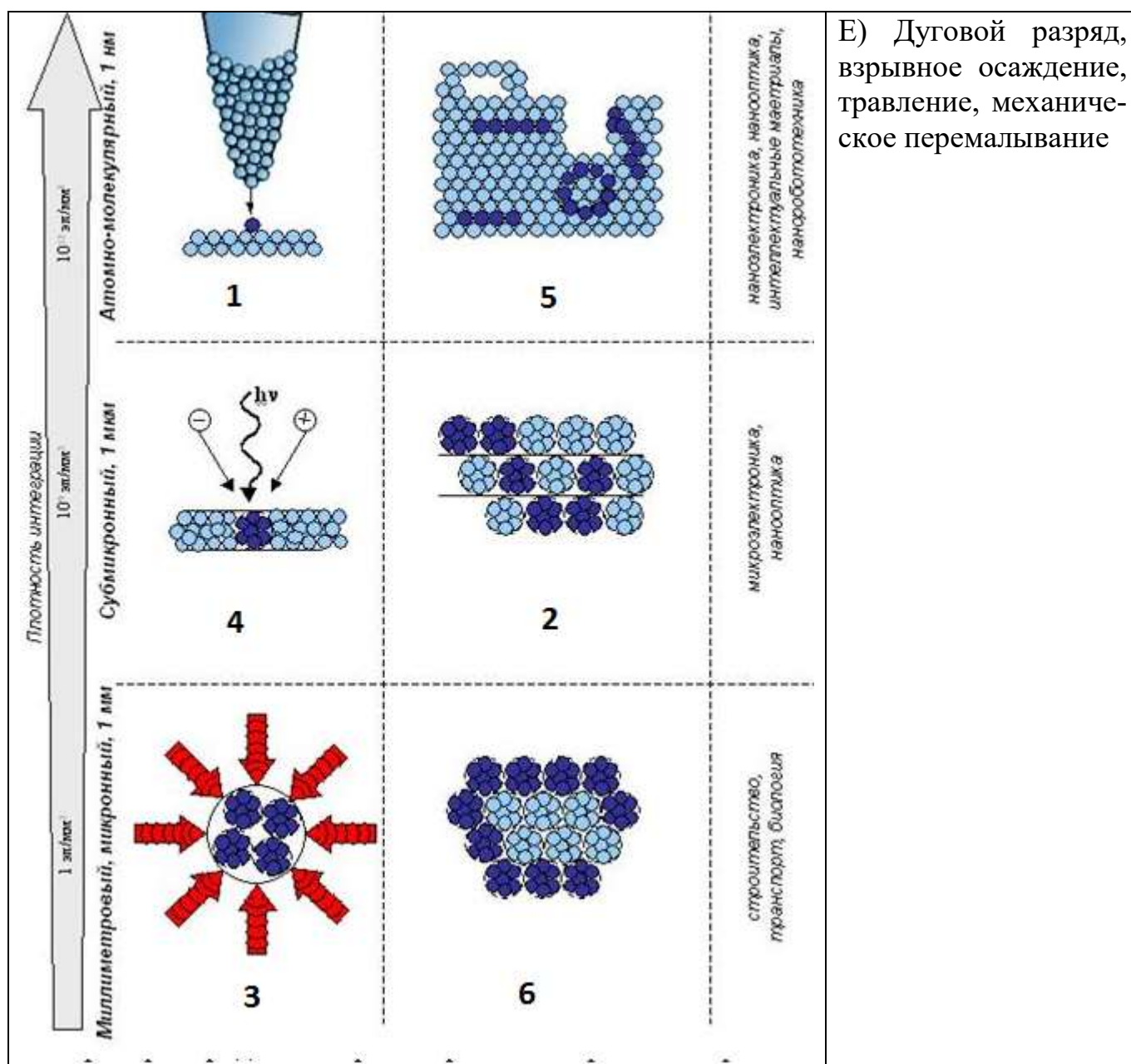
Б5) Поставьте соответствие между отдельными элементами в установке Ленгмюра-Блоджетт

	А) Монослой
	Б) Подложка

	<p>В) Амфифильное вещество</p> <p>Г) Весы</p>
--	---

Б6)

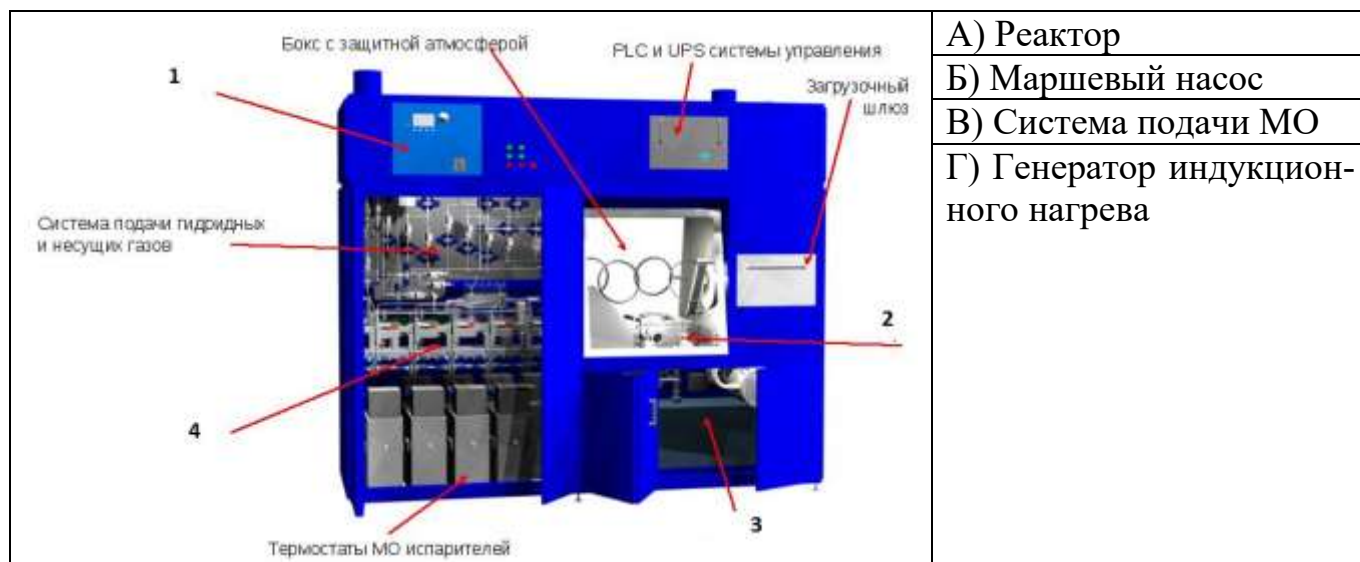
	А) Управляемая сборка веществ зондовыми методами
	Б) Субмикронные структуры с нанометровыми толщинами, ансамбли нанозерен
	В) Групповые процессы напыления, эпитаксия, электронно-лучевая и ионная литография, плазмохимические методы
	Г) Трехмерный синтез веществ с заданными характеристиками
	Д) нанопорошки, кластеры, фуллерены, нанотрубки



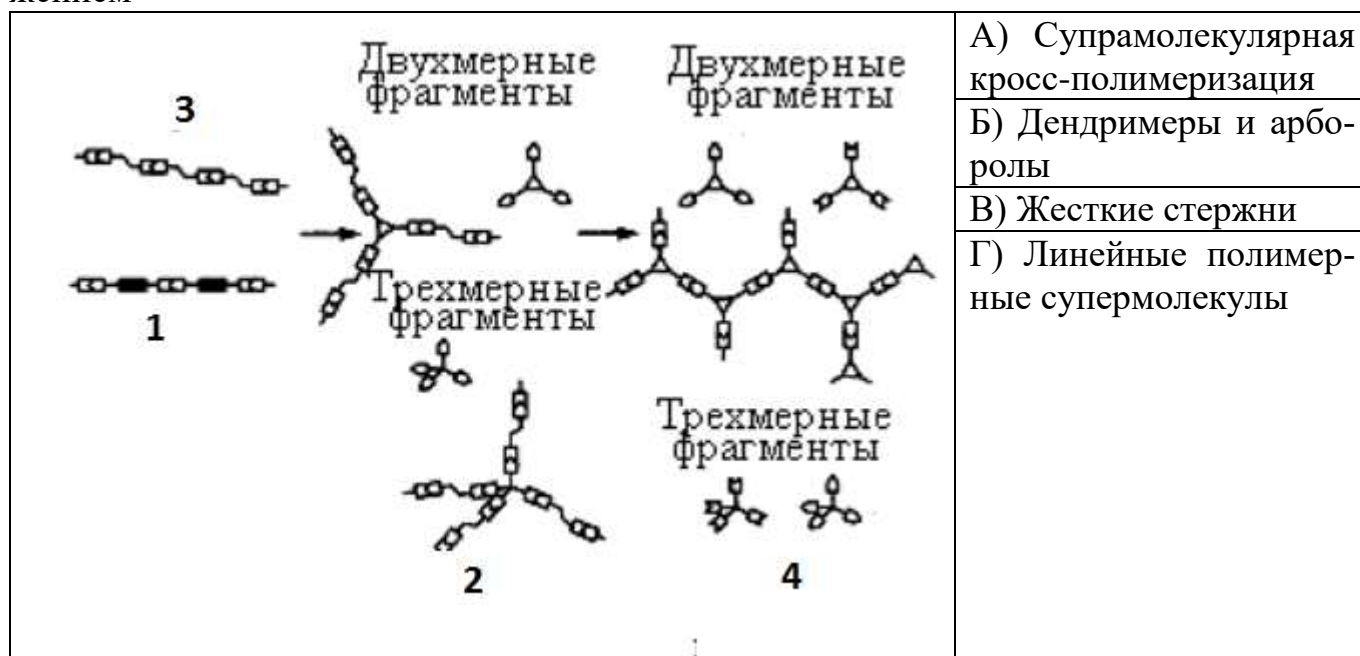
Б7) Поставьте соответствие между названием одномерной наноструктуры и условием на ее размеры

1. $L_c > L_a \approx L_b$	А) Нанотрубки
2. $L_c \gg L_a > L_b$	Б) Наноленты
3. $L_c > L_a \approx L_b$	В) Нанонити
4. $L_c \gg L_a \approx L_b$	Г) Наностержни

Б8) Поставьте в соответствие отдельные узлы установки МОС-гидридной эпитаксии их названиям



Б9) Поставьте соответствие между типом супрамолекулярных структур и ее изображением



Б10) Поставьте в соответствие вариант метода группе

1. Криохимический	А) Испарение и конденсация
2. Электрический взрыв	Б) Высокоэнергетическое разрушение
3. Газообразные прекурсоры	В) Синтез
4. В вакууме или инертном газе	Г) Термическое разложение

### Часть С

С1. Охарактеризуйте основные разновидности наноматериалов.

**С2.** Выведите соотношения, описывающие зависимость общей доли поверхностей раздела, а также долей межзеренных границ и тройных стыков от размера кристаллитов.

**С3.** Объяснить сущность конденсационного метода на примере установки Глейтера.

**С4.** Охарактеризуйте методы самосборки наноструктур: физический процесс «сверху-вниз», химический «снизу-вверх».

Промежуточная аттестация обучающихся осуществляется в форме зачета и зачета с оценкой с использованием следующих оценочных материалов:

### **Вопросы к зачету 3 семестр, очная форма обучения**

1. наноструктуры и наноматериалы естественного происхождения
2. принцип квантования и квантовое ограничение
3. транспорт носителей заряда вдоль потенциальных барьеров
4. туннелирование носителей заряда
5. оптические свойства квантоворазмерных структур
6. традиционные методы осаждения плёнок
7. методы, использующие сканирующие зонды
8. нанолитография, сравнение нанолитографических методов
9. саморегулирующиеся процессы, самоорганизация квантовых точек и нитей
10. лазеры с квантовыми ямами и точками
11. фотоприёмники на квантовых ямах
12. квантово-точечные клеточные автоматы и логические устройства на их основе
13. нанокomпьютеры
14. принципы работы сканирующих зондовых микроскопов
15. основные технологические приёмы формирования наноструктур
16. физические процессы, используемые для атомных манипуляций
17. примеры наноструктур, сформированных с помощью метода СТМ

### **Вопросы к зачету с оценкой 4 семестр, очная форма обучения**

1. Физическое осаждение из паровой фазы (MBE). Получение аморфных, поликристаллических и монокристаллических пленок. Молекулярно-лучевая эпитаксия элементарных полупроводников и полупроводников на основе соединений  $A_3B_5$ , осаждение пленок диэлектриков и металлов.

2. Химическое осаждение из паровой фазы (CVD): его виды, основные закономерности и методика. Эпитаксия из металлоорганических соединений и летучих неорганических гидридов (MOCVD). Наиболее распространенные системы веществ - источников компонент полупроводниковых материалов и твердых растворов.



3. МОС-гидридная эпитаксия полупроводников на основе соединений АЗВ5. Особенности выращивания эпитаксиальных пленок нитридов бинарных соединений.

4. Гетероструктуры с квантовыми ямами (КЯ). Принципы выбора полупроводниковых материалов. Модуляционное и d-легирование. Гетероструктуры с высокой плотностью двумерного электронного газа (ДЭГ).

5. Транзисторы с высокой подвижностью электронов (НЕМТ-транзисторы). Сверхрешетки (СР) квантовых ям. Полупроводниковые лазеры на основе гетероструктур с квантовыми ямами.

6. Уменьшение размеров элементов методами традиционной планарной технологии за счет разработки, создания и применения экстремальных ультрафиолетовых источников излучения со сверхкороткой длиной волны (13,5 нм) при процессах литографии.

7. Источники экстремального ультрафиолета. Лазерное излучение: взаимодействие с поверхностью и применение в НТ.

8. Лазерная абляция. Многослойные брэгговские зеркала. Резисты на основе неорганических материалов. ДВУФ-нанолитограф. Нанолитография.

9. Электронная, ионная и рентгеновская литографии. Применение «линзы Кумахова» для нанолитографии.

10. Маски и резисты для разных типов литографии. Сравнительный анализ перспектив ультрафиолетовой, электронной, ионной и рентгеновской литографий.

11. Нанопечатная литография. Понятие о литографически-индуцированной самосборке наноструктур.

Требования к контрольно-измерительным методикам по чувствительности, пространственному разрешению, возможности проведения рутинного экспресс-контроля.

12. Принципиальная схема конструкции сканирующего туннельного микроскопа. Принципы поляризации и работы пьезоматериалов, конструкция и принцип работы пьезосканера.

13. Конструкция и принцип работы пьезоинерциального двигателя подвода зонда к образцу. Основные параметры сканирования: туннельное напряжение, ток поддержания, поле сканирования, шаг, скорость, фильтрация; получение кадров.

14. Особенности получения атомарного разрешения в сканирующем туннельном микроскопе. Принципиальная схема конструкции сканирующего атомно-силового микроскопа и отличие ее от конструкции туннельного микроскопа.

15. Конструкция, поэтапность технологии изготовления и виды кантилеверов – стандартных зондов для сканирующих атомно-силовых микроскопов. Отличие значений параметров для атомно-силового и туннельного микроскопов, получение кадров.

16. Особенности получения атомного разрешения в атомно-силовом микроскопе. Информация о высоте как отличительная новизна кадров сканирующей зондовой микроскопии.

17. Корреляционный анализ, функция корреляции двух трехмерных объектов, инвариантность к высоте нахождения объекта на рельефе, матрица корреляционных



коэффициентов как метод распознавания образов. Фурье – преобразование и анализ, пространственный и угловой Фурье – спектры.

#### **IV. ПЕРЕЧЕНЬ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

##### **5.1. Основная литература**

1. Дробот, П.Н. Нанoeлектроника : учебное пособие / П.Н. Дробот ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Томский Государственный Университет Систем Управления и Радиоэлектроники (ТУСУР). - Томск : ТУСУР, 2016. - 286 с. : ил., табл., схем. - Библиогр.: с.261-275. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=480771>. (Дата обращения 01.09.2020.)
2. Филимонова, Н.И. Методы исследования микроэлектронных и нанoeлектронных материалов и структур: сканирующая зондовая микроскопия / Н.И. Филимонова, Б.Б. Кольцов. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2013. – Ч. I. – 134 с. –URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=228943>. – ISBN 978-5-7782-2158-1. – Текст : электронный. (Дата обращения 01.09.2020.)

##### **5.2. Дополнительная литература**

1. Марков, В.Ф. Материалы современной электроники : учебное пособие / В.Ф. Марков, Х.Н. Мухамедзянов, Л.Н. Маскаева ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина. - Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2014. - 272 с. : схем., ил. - ISBN 978-5-7996-1186-6 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=275825> (Дата обращения 01.09.2020.)
2. Вознесенский, Э.Ф. Методы структурных исследований материалов. Методы микроскопии : учебное пособие / Э.Ф. Вознесенский, Ф.С. Шарифуллин, И.Ш. Абдуллин ; Министерство образования и науки России, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет». - Казань : Издательство КНИТУ, 2014. - 184 с. : табл., ил. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-7882-1545-7 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=428294> (Дата обращения 01.09.2020.)
3. Газенаур, Е.Г. Методы исследования материалов : учебное пособие / Е.Г. Газенаур, Л.В. Кузьмина, В.И. Крашенинин. - Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2013. - 336 с. - ISBN 978-5-8353-1578-9 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=232447> (Дата обращения 01.09.2020.)
4. Троян, П.Е. Нанoeлектроника : учебное пособие / П.Е. Троян, Ю.В. Сахаров. - Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2010. - 88 с. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=208663>. (Дата обращения 01.09.2020.)

## V. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№ пп	Ссылка на информационный ресурс	Наименование разработки в электронной форме	Доступность
1.	<a href="http://edu.ru/">http://edu.ru/</a>	Российское образование: Федеральный портал. Включает ссылки на порталы и сайты образовательных учреждений; государственные образовательные стандарты; нормативные документы; каталог экскурсий и обучающих программ.	Свободный доступ
2.	<a href="http://www.nanonewsnet.ru">http://www.nanonewsnet.ru</a>	интернет-портал, посвященный вопросам наноиндустрии. Основан в 2004г. Главными направлениями работы являются информационно-аналитическая и просветительская деятельность в области наноиндустрии.	Свободный доступ
3.	<a href="http://www.nanometer.ru">http://www.nanometer.ru</a>	«Нанометр»-некоммерческий интернет проект, посвященный нанотехнологиям.	Свободный доступ
4.	<a href="http://www.rusnor.org/">http://www.rusnor.org/</a>	Нанотехнологическое общество России- общероссийская общественная организация, объединяющая представителей разных сфер деятельности, интерес которых касается наносистем, нанотехнологий и наноматериалов. Среди контента сайта-публикации по данной области знания; видео-материалы лекций, выступлений, вебинаров; интервью со специалистами; сборники тезисов материалов конференций-НОР. Новостной блок находится в актуальном состоянии. Преподаватели и студенты вузов могут использовать сайт для профессиональных интересов и потребностей в информационном обеспечении.	Свободный доступ

## VI. СОВРЕМЕННЫЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ

1.	<a href="http://www.biblioclub.ru">http://www.biblioclub.ru</a>	Электронно-библиотечная система (ЭБС) Университетская библиотека онлайн	Регистрация через любой университетский компьютер. В дальнейшем предоставляется неограниченный индивидуальный доступ из любой точки,
----	---	--	---

			в которой имеется доступ к сети Интернет
2.	<a href="http://www.elibrary.ru">www.elibrary.ru</a>	Российский информационный портал в области науки, технологии, медицины и образования	Свободный доступ

## **VII. ЛИЦЕНЗИОННОЕ И СВОБОДНО РАСПРОСТРАНЯЕМОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

При реализации учебной дисциплины применяется следующее лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

- Microsoft Windows;
- Microsoft Office;
- LibreOffice и др.

## **VIII. ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ОБУЧЕНИЯ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Учебные занятия проводятся в аудиториях, укомплектованных специализированной мебелью, в том числе стационарными или переносными техническими средствами обучения (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

Лабораторные занятия проводятся в специализированных лабораториях:

Моноблок HP

2 персональных компьютера

Принтер HP

Бидистиллятор БС Химлабоприбор

Очиститель воды Simplicity UV Millipore

Установка Ленгмюра-Блоджетт Minitrough2 KSV Instruments

Система измерения поверхностного потенциала KSV Spot KSV Instruments

Оптическая система наблюдения поверхности под брьюстеровским углом BAM 300 KSV Instruments

Спектрофотометр DR-5000 Hach-Lange

Термостат (70 л) BD-53 Binder

Холодильник LG

Термостатируемая баня ED-5 Julabo

Центрифуга 5417R Eppendorf

Учебно-исследовательский комплекс NANOEDUCATOR II

Самостоятельная работа проводится в кабинетах, оснащенных компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.