

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Кубанский государственный университет»  
Физико-технический факультет



УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе,  
качеству образования – первый  
проректор

Иванов А.Г.

подпись

« 29 » мая 2015 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### ***Б1.В.ДВ.08.01 МАТЕРИАЛЫ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ***

*(код и наименование дисциплины в соответствии с учебным планом)*

Направление подготовки / специальность

11.03.04 Электроника и микроэлектроника

*(код и наименование направления подготовки/специальности)*

Направленность (профиль) / специализация

Нанотехнологии в электронике

*(наименование направленности (профиля) специализации)*

Программа подготовки

академическая

*(академическая /прикладная)*

Форма обучения

очная

*(очная, очно-заочная, заочная)*

Квалификация (степень) выпускника

бакалавр

*(бакалавр, магистр, специалист)*

Краснодар 2015

Рабочая программа дисциплины Б1.В.ДВ.08.01 «Материалы электронной техники» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника, профиль «Нанотехнологии в электронике».

Программу составил:

В.А. Никитин, канд. техн. наук,  
профессор кафедры оптоэлектроники

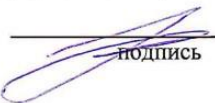
  
\_\_\_\_\_  
подпись

Рабочая программа дисциплины Б1.В.ДВ.08.01 «Материалы электронной техники» утверждена на заседании кафедры оптоэлектроники ФТФ, протокол № 8 от 17. 04. 2015 г.

Заведующий кафедрой оптоэлектроники  
д-р техн. наук, профессор Яковенко Н.А.

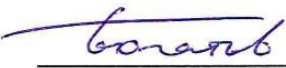
  
\_\_\_\_\_  
подпись

Рабочая программа дисциплины обсуждена на заседании кафедры радиофизики и нанотехнологий, протокол № 12 от «21» Мая 2015 г.  
Заведующий кафедрой, д-р физ.-мат. наук Копытов Г.Ф.

  
\_\_\_\_\_  
подпись

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии физико-технического факультета, протокол № 10 от 29 мая 2015 г.

Председатель УМК ФТФ  
д-р физ.-мат. наук, профессор Богатов Н.М.

  
\_\_\_\_\_  
подпись

Рецензенты:

Абрамов Д.Е., канд. хим. наук, директор ООО «Ресурс»,

Текуцкая Е.Е., канд. хим. наук, доцент кафедры радиофизики и нанотехнологий .

## **1 Цели и задачи изучения дисциплины**

**1.1 Цель дисциплины:** формирование комплекса устойчивых знаний о материалах электронной техники, их структурах, свойствах, физических, технологических и химических процессах, происходящих в проводниковых, полупроводниковых и диэлектрических материалах.

**1.2 Задачи дисциплины:** изучение электрофизических свойств, характеристик и областей использования материалов, применяемых в электронной технике и нанотехнологии;

формирование навыков использования новых достижений в области электроники и нанoeлектроники, прогнозирования свойств элементов электроники, нанoeлектроники и оптоэлектроники с учетом физических, химических и технологических свойств используемых материалов;

овладение способностью выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники (ПК-8);

овладение готовностью к участию в монтаже, испытаниях и сдаче в эксплуатацию опытных образцов материалов и изделий электронной техники (ПК-14).

### **1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Материалы электронной техники» относится к базовой части Блока 1 дисциплин по выбору по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника профиль подготовки «Нанотехнология в электронике» учебного плана.

Дисциплина базируется на знаниях, полученных по дисциплинам электричество и магнетизм, оптика, атомная физика, химия и является основой для изучения следующих дисциплин: нанoeлектроника, наносенсоры, основы технологии электронной компонентной базы и нанокompозитные радиопоглощающие материалы. Знания, приобретенные в курсе «Материалы электронной техники», необходимы для создания широкого класса элементов электроники, оптоэлектроники и нанoeлектроники и их правильного эксплуатирования.

### **1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

ПК-8 Способность выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники.

ПК-14 Готовность к участию в монтаже, испытаниях и сдаче в эксплуатацию опытных образцов материалов и изделий электронной техники

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся профессиональных компетенций (ПК-8, ПК-14)

| № п.п. | Индекс компетенции | Содержание компетенции (или её части)                                                                                         | В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны                                  |                                                                                                                                                              |                                                                                                 |
|--------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
|        |                    |                                                                                                                               | знать                                                                                        | уметь                                                                                                                                                        | владеть                                                                                         |
| 1.     | ПК-8               | способностью выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники.            | Основные материалы электронной техники; их свойства, области применения и способы получения. | Применять полученные теоретические знания к практическому взаимодействию с объектами радиоэлектронной и оптоэлектронной техники, производства, науки и быта. | Навыками проведения фотолитографии, как основного процесса создания элементов микроэлектроники. |
| 2.     | ПК-14              | готовностью к участию в монтаже, испытаниях и сдаче в эксплуатацию опытных образцов материалов и изделий электронной техники. | Основы производства материалов и изделий электронной техники.                                | Получать тонкие пленки металлических материалов вакуумными методами.                                                                                         | Методами оптического контроля размеров элементов электроники и оптоэлектроники.                 |

## 2. Структура и содержание дисциплины

### 2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 5 зач. ед. (180 часов), их распределение по видам работ представлено в таблице (для студентов ОФО).

| Вид учебной работы                                         | Всего часов | Семестры (часы) |
|------------------------------------------------------------|-------------|-----------------|
|                                                            |             | 7               |
| <b>Контактная работа, в том числе:</b>                     |             |                 |
| <b>Аудиторные занятия (всего):</b>                         | 72,3        | 72,3            |
| Занятия лекционного типа                                   | 32          | 32              |
| Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия) | —           | —               |
| Лабораторные занятия                                       | 32          | 32              |
|                                                            |             |                 |
| <b>Иная контактная работа:</b>                             |             |                 |
| Контроль самостоятельной работы (КСР)                      | 8           | 8               |
| Промежуточная аттестация (ИКР) в форме зачета              | 0,3         | 0,3             |
| <b>Самостоятельная работа, в том числе:</b>                | 72          | 72              |
| Курсовая работа                                            | 25          | 25              |

|                                                                       |                                      |             |             |
|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------|-------------|
| Проработка учебного (теоретического) материала                        |                                      | 36          | 36          |
| Выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций) |                                      | –           | –           |
| Реферат                                                               |                                      | –           | –           |
| Подготовка к текущему контролю                                        |                                      | 11          | 11          |
| <b>Контроль:</b>                                                      |                                      |             |             |
| Подготовка к экзамену                                                 |                                      | 35,7        | 35,         |
| <b>Общая трудоемкость</b>                                             | <b>час.</b>                          | <b>180</b>  | <b>180</b>  |
|                                                                       | <b>в том числе контактная работа</b> | <b>72,3</b> | <b>72,3</b> |
|                                                                       | <b>зач. ед</b>                       | <b>5</b>    | <b>5</b>    |

## 2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.

Разделы дисциплины, изучаемые в 7 семестре (для студентов ОФО)

| №  | Наименование разделов (тем)                                                                                                        | Количество часов |                   |    |    |     |                      |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------------|----|----|-----|----------------------|
|    |                                                                                                                                    | Всего            | Аудиторная работа |    |    | КСР | Внеаудиторная работа |
|    |                                                                                                                                    |                  | Л                 | ПЗ | ЛР |     | СРС                  |
| 1. | Основные сведения о материалах электронной техники, применяемых в микроэлектронике, наноэлектронике и оптоэлектронике.             | 11               | 2                 | –  | 4  | 0,5 | 4,5                  |
| 2. | Классификация материалов электронной техники по их физическим, технологическим и химическим свойствам.                             | 5,8              | 2                 | –  | –  | 0,3 | 3,5                  |
| 3. | Проводниковые материалы. Параметры и свойства проводниковых материалов                                                             | 9                | 2                 | –  | –  | 0,5 | 6,5                  |
| 4. | Металлическая связь. Зонная теория твердых тел. Кристаллические решетки металлов.                                                  | 12               | 2                 | –  | 4  | 0,2 | 5,8                  |
| 5. | Проводниковые материалы с высокой электропроводностью, их физические и химические и технологические свойства и области применения. | 21               | 2                 | –  | 8  | 0,2 | 10,8                 |
| 6. | Проводниковые материалы с низкой электропроводностью их физико-химические свойства и области применения.                           | 6                | 2                 | –  | –  | 0,2 | 3,8                  |

| №                           | Наименование разделов (тем)                                                                                                                                           | Количество часов |                   |    |    |     |                      |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------------|----|----|-----|----------------------|
|                             |                                                                                                                                                                       | Всего            | Аудиторная работа |    |    | КСР | Внеаудиторная работа |
|                             |                                                                                                                                                                       |                  | Л                 | ПЗ | ЛР |     |                      |
|                             |                                                                                                                                                                       |                  |                   |    |    |     | СРС                  |
| 7.                          | Полупроводниковые материалы. Ковалентная связь. Понятие о монокристаллах и эпитаксиальных структурах, методы их получения.                                            | 9                | 2                 | –  | –  | 1   | 6                    |
| 8.                          | Способы получения, применения и свойства полупроводниковых монокристаллов.                                                                                            | 6                | 2                 | –  | –  | 0,5 | 3,5                  |
| 9.                          | Диэлектрические материалы. Молекулярная и ионная связь. Поляризация диэлектриков.                                                                                     | 19               | 2                 | –  | 8  | 0,7 | 8,3                  |
| 10.                         | Электрические и химические свойства диэлектриков. Электропроводность. Диэлектрические потери.                                                                         | 7                | 2                 | –  | –  | 1   | 4                    |
| 11.                         | Полимерные материалы, их строение, свойства и области применения.                                                                                                     | 13,6             | 2                 | –  | 8  | 1,1 | 2,5                  |
| 12.                         | Пластические массы. Структуры линейных, разветвленных и сетчатых полимеров, их основные химические и физико-технические свойства. Достоинства и недостатки пластмасс. | 4,6              | 2                 | –  | –  | 0,2 | 2,4                  |
| 13.                         | Стеклообразное состояние веществ. Кристаллохимическое описание строения стекол. Кварцевое стекло, его структура и свойства.                                           | 5                | 2                 | –  | –  | 0,3 | 2,7                  |
| 14.                         | Многокомпонентные силикатные стекла. Основные физико-химические свойства стекол.                                                                                      | 5                | 2                 | –  | –  | 0,5 | 2,5                  |
| 15.                         | Керамические материалы. Техническая керамика. Технология изготовления керамических изделий. Химические свойства керамики.                                             | 5                | 2                 | –  | –  | 0,5 | 2,5                  |
| 16.                         | Магнитные материалы. Классификация магнитных материалов, их свойства и области применения.                                                                            | 5                | 2                 | –  | –  | 0,3 | 2,7                  |
| <i>Итого по дисциплине:</i> |                                                                                                                                                                       | 144              | 32                |    | 32 | 8   | 72                   |

Примечание: Л – лекции, ПЗ – практические занятия / семинары, ЛР – лабораторные занятия, СРС – самостоятельная работа студента.

## 2.3 Содержание разделов (тем) дисциплины:

### 2.3.1 Занятия лекционного типа

| №  | Наименование раздела                                                                                                              | Содержание раздела                                                                                                                                                                                     | Форма текущего контроля                                                            |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 2                                                                                                                                 | 3                                                                                                                                                                                                      | 4                                                                                  |
| 1. | Основные сведения о материалах электронной техники, применяемых в микроэлектронике, наноэлектронике и оптоэлектронике.            | Общие теплофизические, электрические и механические свойства материалов, применяемых в электронике, наноэлектронике и оптоэлектронике.                                                                 | Ответы на контрольные вопросы и задания. Отчёт по выполненной лабораторной работе. |
| 2. | Классификация материалов электронной техники по их физическим, технологическим и химическим свойствам.                            | Классификация материалов электронной техники по их физическим, технологическим и химическим свойствам. Виды химической связи в строении твердых тел.                                                   | Ответы на контрольные вопросы и задания.                                           |
| 3. | Проводниковые материалы. Параметры и свойства проводниковых материалов.                                                           | Носители электрического тока в металлах. Параметры проводниковых материалов, удельная проводимость, удельное сопротивление, температурный коэффициент сопротивления.                                   | Ответы на контрольные вопросы и задания.                                           |
| 4. | Металлическая связь. Зонная теория твердых тел. Кристаллические решетки металлов.                                                 | Металлическая связь. Зонная теория твердых тел. Кристаллические решетки металлов. Объемно центрированная кубическая решетка, грани центрированная кубическая решетка, плотная гексагональная упаковка. | Ответы на контрольные вопросы и задания. Отчёт по выполненной лабораторной работе. |
| 5. | Проводниковые материалы с высокой электропроводностью, их физические, химические и технологические свойства и области применения. | Медь, алюминий, серебро, золото, их физические, химические и технологические свойства и области применения.                                                                                            | Ответы на контрольные вопросы и задания. Отчёт по выполненной лабораторной работе. |
| 6. | Проводниковые материалы с низкой электропроводностью их физико-химические свойства и области применения.                          | Железо, никель, хром, вольфрам, тантал, молибден, марганец, константан. Физические, химические и технологические свойства металлов и сплавов с высоким удельным сопротивлением и области применения.   | Ответы на контрольные вопросы и задания.                                           |
| 7. | Полупроводниковые материалы. Ковалентная связь. Понятие о монокристаллах и эпитаксиальных                                         | Понятие о монокристаллах и эпитаксиальных структурах, методы их получения. Электронная и дырочная проводимость, собственная и примесная проводимость полупроводников.                                  | Ответы на контрольные вопросы и задания.                                           |

|     |                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                    |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
|     | структурах, методы их получения.                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                    |
| 8.  | Способы получения, применения и свойства полупроводниковых монокристаллов.                                                                                            | Способы получения полупроводниковых монокристаллов: Метод Бриджмена, метод зонной плавки, метод Чохральского. Достоинства и недостатки пречисленных методов получения монокристаллов. Эпитаксия, методы проведения эпитаксии. | Ответы на контрольные вопросы и задания.                                           |
| 9.  | Диэлектрические материалы. Молекулярная и ионная связь. Поляризация диэлектриков.                                                                                     | Поляризация диэлектриков. Электрические свойства диэлектриков, диэлектрическая проницаемость.                                                                                                                                 | Ответы на контрольные вопросы и задания. Отчёт по выполненной лабораторной работе. |
| 10. | Электрические и химические свойства диэлектриков. Электропроводность. Диэлектрические потери.                                                                         | Зависимость диэлектрической проницаемости от частоты и температуры. Электропроводность. Диэлектрические потери. Электрическая прочность диэлектриков. Основные диэлектрические материалы электронной техники.                 | Ответы на контрольные вопросы и задания.                                           |
| 11. | Полимерные материалы, их строение, свойства и области применения.                                                                                                     | Полиэтилен, полистирол, полипропилен, полиметилметакрилат, поливинилхлорид, фторопласт фоторезист. Свойства перечисленных материалов и области применения.                                                                    | Ответы на контрольные вопросы и задания. Отчёт по выполненной лабораторной работе. |
| 12. | Пластические массы. Структуры линейных, разветвленных и сетчатых полимеров, их основные химические и физико-технические свойства. Достоинства и недостатки пластмасс. | Структура полимерных материалов. Влияние структуры на механические и физические свойства полимерных материалов. Армированные пластики, стеклотекстолит.                                                                       | Ответы на контрольные вопросы и задания.                                           |
| 13. | Стеклообразное состояние веществ. Кристаллохимическое описание строения стекол. Кварцевое стекло, его структура и свойства.                                           | Стеклообразное состояние веществ. Кристаллохимическое описание строения стекол. Кварцевое стекло и его свойства.                                                                                                              | Ответы на контрольные вопросы и задания.                                           |
| 14. | Многокомпонентные силикатные стекла. Основные физико-химические свойства стекол.                                                                                      | Стеклообразователи и модификаторы стекол, свойства стекол и их применение в электронике.                                                                                                                                      | Ответы на контрольные вопросы и задания.                                           |
| 15. | Керамические материалы. Техническая керамика. Технология                                                                                                              | Керамические материалы, их свойства и классификация. Применение керамических материалов в электронике.                                                                                                                        | Ответы на контрольные вопросы и задания.                                           |



|     |                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                 |                                          |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
|     | изготовления керамических изделий. Физические, химические и технологические свойства керамики. |                                                                                                                                                                                                                                 |                                          |
| 16. | Магнитные материалы. Классификация магнитных материалов, их свойства и области применения.     | Основные характеристики магнитных материалов. Магнитная проницаемость, температура Кюри. Зависимость магнитных свойств материалов от частоты приложенного магнитного поля и от температуры. Использование магнитных материалов. | Ответы на контрольные вопросы и задания. |

### 2.3.2 Занятия семинарского типа

Занятия семинарского типа не предусмотрены.

### 2.3.3 Лабораторные занятия

| №  | Наименование раздела                                                                                                              | Наименование лабораторных работ                                                     | Форма текущего контроля                   |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 1  | 2                                                                                                                                 | 3                                                                                   | 4                                         |
| 1. | Основные сведения о материалах электронной техники, применяемых в микроэлектронике, наноэлектронике и оптоэлектронике.            | Основы оптических измерений элементов интегральных микросхем и интегральной оптики. | Отчёт по выполненной лабораторной работе. |
| 2. | Металлическая связь. Зонная теория твердых тел. Кристаллические решетки металлов.                                                 | Термическое вакуумное нанесение металлических пленок.                               | Отчёт по выполненной лабораторной работе. |
| 3. | Проводниковые материалы с высокой электропроводностью, их физические, химические и технологические свойства и области применения. | Термическое вакуумное нанесение пленок алюминия.                                    | Отчёт по выполненной лабораторной работе. |
| 4. | Диэлектрические материалы. Молекулярная и ионная связь. Поляризация диэлектриков.                                                 | Изучение фотолитографического процесса.                                             | Отчёт по выполненной лабораторной работе. |
| 5. | Полимерные материалы, их строение, свойства и области применения.                                                                 | Изучение безмаскового фотолитографического процесса.                                | Отчёт по выполненной лабораторной работе. |

### 2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Курсовые работы не запланированы.

### 2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

| № | Вид СРС                                                                                                             | Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Проработка учебного (теоретического материала), подготовка к текущей и промежуточной аттестации (зачёту и вопросам) | <ol style="list-style-type: none"><li>1. Коледов, Л.А. Технология и конструкция микросхем, микропроцессоров и микросборок: учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2009. — 400 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/192">https://e.lanbook.com/book/192</a> .</li><li>2. Михеева, Е.В. Материалы и компоненты электронных средств : лабораторный практикум / Е.В. Михеева ; Поволжский государственный технологический университет. - Йошкар-Ола : ПГТУ, 2014. - 164 с. : табл., граф., ил. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-8158-1317-5 ; - URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=439241">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=439241</a></li><li>3. Сорокин, В.С. Материалы и элементы электронной техники. Активные диэлектрики, магнитные материалы, элементы электронной техники: учеб. пособие / В.С. Сорокин, Б.Л. Антипов, Н.П. Лазарева. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 384 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/71735">https://e.lanbook.com/book/71735</a></li><li>4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов, утвержденные кафедрой оптоэлектроники, протокол № 6 от «01» марта 2017г.</li></ol> |
| 2 | Подготовка к выполнению лабораторных работ                                                                          | <ol style="list-style-type: none"><li>1. Никитин В.А. Материалы электронной техники: учеб. пособие / В.А. Никитин, Н.А. Яковенко. Краснодар, КубГУ, 2015</li><li>2. Физические технологии интегральной оптики: лабораторный практикум / В.А. Никитин, Н.А. Яковенко, А.С. Левченко Краснодар, 2013</li><li>3. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов, утвержденные кафедрой оптоэлектроники, протокол № 6 от «01» марта 2017г.</li></ol>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

**Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины  
по темам программы для проработки теоретического материала**

| №  | Наименование раздела                                                                | Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 2                                                                                   | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 1. | Основы оптических измерений элементов интегральных микросхем и интегральной оптики. | 1. Описание лабораторной работы.<br>2. Никитин В.А. Материалы электронной техники: учеб. пособие / В.А. Никитин, Н.А. Яковенко. Краснодар, КубГУ, 2015.<br>3. Коледов, Л.А. Технология и конструкция микросхем, микропроцессоров и микросборок: учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2009. — 400 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/192">https://e.lanbook.com/book/192</a> .                                                                          |
| 2. | Термическое вакуумное нанесение металлических пленок.                               | 1. Физические технологии интегральной оптики: лабораторный практикум / В.А. Никитин, Н.А. Яковенко, А.С. Левченко Краснодар, 2013.<br>2. Сорокин, В.С. Материалы и элементы электронной техники. Активные диэлектрики, магнитные материалы, элементы электронной техники: учеб. пособие / В.С. Сорокин, Б.Л. Антипов, Н.П. Лазарева. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 384 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/71735">https://e.lanbook.com/book/71735</a> |
| 1. | Термическое вакуумное нанесение пленок алюминия.                                    | 1. Физические технологии интегральной оптики: лабораторный практикум / В.А. Никитин, Н.А. Яковенко, А.С. Левченко Краснодар, 2013.<br>2. Сорокин, В.С. Материалы и элементы электронной техники. Активные диэлектрики, магнитные материалы, элементы электронной техники: учеб. пособие / В.С. Сорокин, Б.Л. Антипов, Н.П. Лазарева. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 384 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/71735">https://e.lanbook.com/book/71735</a> |
| 2. | Изучение основ фотолитографии.                                                      | 1. Михеева, Е.В. Материалы и компоненты электронных средств : лабораторный практикум / Е.В. Михеева ; Поволжский государственный технологический университет. - Йошкар-Ола : ПГТУ, 2014. - 164 с. : табл., граф., ил. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-8158-1317-5 ;<br>URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=439241">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=439241</a>                                                                                          |
| 3. | Изучение безмаскового фотолитографического процесса.                                | 1. Техническое описание и порядок работы на установке безмасковой литографии $\mu$ PG 101.<br>2. Сорокин, В.С. Материалы и элементы электронной техники. Активные диэлектрики, магнитные материалы, элементы электронной техники: учеб. пособие / В.С. Сорокин, Б.Л. Антипов, Н.П. Лазарева. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 384 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/71735">https://e.lanbook.com/book/71735</a>                                         |

|  |  |                                                                                                                                   |
|--|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  | 3.Физические технологии интегральной оптики: лабораторный практикум / В.А. Никитин, Н.А. Яковенко, А.С. Левченко Краснодар, 2013. |
|--|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

– в форме электронного документа или в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в форме электронного документа или печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в форме электронного документа или печатной форме.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

### **3. Образовательные технологии**

1. Описания лабораторных работ.

2. Разбор выполнения лабораторных работ

3. Лабораторное оборудование по изучению материалов микроэлектроники и нанoeлектроники.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

### **4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации**

В процессе подготовки к ответам на контрольные вопросы, тестированию, и практическим заданиям формируются все требуемые ФГОС и ООП для направления 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника\_(профиль: "Нанотехнология в электронике") компетенции: ПК-8, ПК-14.

Текущий контроль организован в формах: защиты лабораторных работ, путем оценки активности студента и результативности его действий

Ниже приводится перечень и примеры из фонда оценочных средств. Полный комплект оценочных средств приводится в ФОС дисциплины Б1.В.ДВ.08.01 «Материалы электронной техники».

#### **4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущей аттестации**

Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля содержит:

- Контрольные вопросы к лабораторным работам и требования к содержанию отчета (применяется в 7-м семестре).

## **Примеры контрольных вопросов при защите лабораторных работ**

1. Общие сведения о проводниках
2. Физическая природа электропроводности металлов
3. Температурная зависимость удельного сопротивления металлических проводников
4. Влияние примесей и других структурных дефектов на удельное сопротивление металлов
5. Электрические свойства металлических сплавов
6. Сопротивление проводников на высоких частотах
7. Сопротивление тонких металлических пленок. Размерные эффекты
8. Контактные явления и термоэлектродвижущая сила
9. Классификация проводниковых материалов
10. Материалы высокой проводимости
11. Сверхпроводящие металлы и сплавы
12. Сплавы высокого сопротивления и сплавы для термопар
13. Металлы и сплавы различного назначения
14. Физические процессы в полупроводниках и их свойства
15. Собственные и примесные полупроводники. Основные и неосновные носители заряда
16. Температурная зависимость удельной проводимости полупроводников
17. Неравновесные носители заряда и механизмы рекомбинации
18. Оптические и фотоэлектрические явления в полупроводниках
19. Полупроводниковые материалы
20. Классификация полупроводниковых материалов
21. Германий
22. Кремний
23. Твердые растворы на основе соединений  $АЗВ_5$
24. Физические процессы в диэлектриках и их свойства
25. Поляризация диэлектриков
26. Токи смещения и электропроводность диэлектриков
27. Потери в диэлектриках
28. Пробой диэлектриков
29. Пассивные диэлектрики
30. Основные сведения о строении и свойствах полимеров
31. Линейные полимеры
32. Композиционные порошковые пластмассы и слоистые пластики
33. Электроизоляционные компаунды
34. Неорганические стекла
35. Ситаллы
36. Керамика
37. Активные диэлектрики
38. Классификация активных диэлектриков
39. Сегнетоэлектрики
40. Пьезоэлектрики
41. Пироэлектрики
42. Электреты
43. Фоторезисты
44. Физические процессы в магнитных материалах и их свойства
45. Общие сведения о магнетизме
46. Классификация веществ по магнитным свойствам
47. Природа ферромагнитного состояния

48. Процессы при намагничивании ферромагнетиков
49. Влияние температуры на магнитные свойства ферромагнетиков
50. Поведение ферромагнетиков в переменных магнитных полях
51. Особенности ферромагнетиков
52. Доменные структуры в тонких магнитных пленках
53. Магнитные материалы
54. Классификация магнитных материалов
55. Магнитомягкие материалы для постоянных и низкочастотных
56. магнитных полей
57. Магнитомягкие высокочастотные материалы
58. Магнитные материалы специализированного назначения.
59. Магнитотвердые материалы

## **4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.**

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации содержит контрольные вопросы, выносимые для оценивания окончательных результатов обучения по дисциплине.

**4.2.1 Вопросы, выносимые на экзамен в 7-м семестре по дисциплине «Материалы электронной техники»** для направления подготовки: 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника профиль: "Нанотехнология в электронике" (промежуточная аттестация может быть выставлена по результатам выполнения лабораторных работ с учетом посещения лекций).

1. Основные сведения о материалах.
2. Классификация материалов, применяемых для изготовления элементов микроэлектроники и нанoeлектроники.
3. Особенности строения твердых тел и их свойства.
4. Элементы зонной теории твердого тела.
5. Полупроводниковые материалы их свойства и области применения.
6. Собственная и примесная проводимость в полупроводниках.
7. Оптические и фотоэлектрические явления в полупроводниках.
8. Электронно-дырочный переход, вольтамперная характеристика р-п-перехода.
9. Способы получения и свойства полупроводниковых монокристаллов.
10. Проводниковые материалы.
11. Общие сведения о проводниках.
12. Физическая природа электропроводности металлов.
13. Температурная зависимость удельного сопротивления металлических проводников
14. Проводниковые материалы с высокой электропроводностью.
15. Серебро, его электрические свойства и области применения.
16. Медь и сплавы на основе меди, их свойства и применение.
17. Золото, его свойства и применение.
18. Алюминий и сплавы алюминия, использование алюминия и его сплавов в электронике.
19. Проводниковые материалы с низкой электропроводностью.
20. Железо, сплавы железа с углеродом и их свойства и применение.

21. Титан, его свойства и применение.
22. Тантал, вольфрам и хром, их свойства и области применения в электронике и микроэлектронике.
23. Сплавы высокого сопротивления, их свойства и области применения.
24. Диэлектрические материалы (диэлектрики), их применение в электронике.
25. Диэлектрики и их свойства.
26. Поляризация диэлектриков, виды поляризации.
27. Диэлектрическая проницаемость и ее физический смысл.
28. Зависимость диэлектрической проницаемости от частоты и температуры для полярных и неполярных твердых диэлектриков.
29. Электропроводность диэлектриков, ток утечки диэлектрика.
30. Диэлектрические потери, тангенс диэлектрических потерь.
31. Зависимость диэлектрических потерь от температуры и частоты приложенного напряжения для полярных и неполярных диэлектриков.
32. Электрическая прочность диэлектриков, виды электрического пробоя.
33. Неорганические стекла и ситаллы, их свойства и использование в электронике.
34. Керамические материалы, их свойства и использование.
35. Слюда и неорганические диэлектрические пленки, их свойства и области применения.
36. Основные виды органических электроизоляционных материалов, их свойства и применение.
37. Полиэтилен, виды полиэтилена, его свойства и использование в электронике.
38. Полистирол и полиметилметакрилат, их свойства и области применения.
39. Фторопласт, его свойства и использование.
40. Армированные пластики и их использование.
41. Магнитные материалы и их классификация
42. Основные характеристики магнитных материалов и их использование в электронике.

## **5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля).**

### **5.1 Основная литература:**

1. Никитин В.А. Материалы электронной техники: учеб. пособие / В.А. Никитин, Н.А. Яковенко. Краснодар, КубГУ, 2015.
2. Физические технологии интегральной оптики: лабораторный практикум / В.А. Никитин, Н.А. Яковенко, А.С. Левченко. Краснодар, 2013.
3. Коледов, Л.А. Технология и конструкция микросхем, микропроцессоров и микросборок: учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2009. — 400 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/192> .
4. Михеева, Е.В. Материалы и компоненты электронных средств : лабораторный практикум / Е.В. Михеева ; Поволжский государственный технологический университет. - Йошкар-Ола : ПГТУ, 2014. - 164 с. : табл., граф., ил. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-8158-1317-5 ; - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=439241>
5. Сорокин, В.С. Материалы и элементы электронной техники. Активные диэлектрики, магнитные материалы, элементы электронной техники: учеб. пособие / В.С. Сорокин, Б.Л. Антипов, Н.П. Лазарева. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 384 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/71735>

Для освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья имеются издания в электронном виде в электронно-библиотечных системах «Лань» и «Юрайт».

## **5.2 Дополнительная литература:**

1. Акулова, Л.Ю. Материаловедение : учебное пособие / Л.Ю. Акулова, А.Н. Бормотов, И.А. Прошин ; Минобрнауки России, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пензенский государственный технологический университет». - Пенза : ПензГТУ, 2013. - 234 с. : табл., схем., ил. - ISBN 978-5-98903-200-6 ;. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=437130>
2. Ефимов, И.Е. Основы микроэлектроники [Электронный ресурс] : учеб. / И.Е. Ефимов, И.Я. Козырь. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2008. — 384 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/709>.
3. Давыдов, В.Н. Физические основы оптоэлектроники : учебное пособие / В.Н. Давыдов ; Министерство образования и науки Российской Федерации. - Томск : ТУСУР, 2016. - 139 с. : ил.,табл., схем. - Библиогр. в кн. ; - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=480763>

## **6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

1. <http://library.kubsu.ru>
2. [www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru)
3. [Referats.allbest.ru](http://Referats.allbest.ru)
4. Электронная библиотека ЮРАЙТ: [www.biblio-online.ru](http://www.biblio-online.ru)
5. Электронно-библиотечная система ЛАНЬ: <https://e.lanbook.com>

## **7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

### **8.**

Лекция является одной из форм изучения теоретического материала по дисциплине. В ходе лекционного курса проводится изложение современных научных подходов и теорий. В тетради для конспектирования лекций необходимо иметь поля, где по ходу конспектирования делаются необходимые пометки. Записи должны быть избирательными, полностью следует записывать только определения. В конспекте применяют сокращение слов, что ускоряет запись. Вопросы, возникающие в ходе лекции, рекомендуется записывать на полях и после окончания лекции обратиться за разъяснением к преподавателю. Необходимо активно работать с конспектом лекции: после окончания лекции рекомендуется перечитать свои записи, внести поправки и дополнения.

Одним из основных видов деятельности студента является самостоятельная работа.

На самостоятельную работу студентов по дисциплине «Инженерная и компьютерная графика» отводится 50% времени от общей трудоёмкости дисциплины. Сопровождение самостоятельной работы студентов может быть организовано в следующих формах:



- составление индивидуальных планов самостоятельной работы студента с указанием темы и видов заданий, форм и сроков представления результатов, критерием оценки самостоятельной работы;
- консультации (индивидуальные и групповые), в том числе с применением дистанционной среды обучения;
- промежуточный контроль хода выполнения заданий строится на основе тестирования, проводимого после изучения основных тем.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение настоящей дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала.

Самостоятельную работу над дисциплиной следует начинать с изучения программы, которая содержит основные требования к знаниям, умениям и навыкам обучаемых. Обязательно следует вспомнить рекомендации преподавателя, данные в ходе установочных занятий. Затем следует приступить к изучению отдельных разделов и тем в порядке, предусмотренном программой.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья предусмотрены индивидуальные консультации (в том числе через email, Skype или viber), так как большое значение имеет консультации. Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

Рекомендуется следующий график самостоятельной работы студентов по учебным неделям каждого семестра:

**Рекомендуемый график самостоятельной работы студентов в 7-м семестре по дисциплине «материалы электронной техники»**

| №<br>п/п | Наименование<br>раздела                                                                                                | Содержание самостоятельной ра-<br>боты                                                         | Примерный<br>бюджет вре-<br>мени на вы-<br>полнение уч.<br>час. (СРС) | Сроки выполне-<br>ния задания<br>(номер учебной<br>недели семестра) | Форма от-<br>четности<br>по заданию | Форма<br>контроля                            |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------|
| 1        | Основные сведения о материалах электронной техники, применяемых в микроэлектронике, наноэлектронике и оптоэлектронике. | Проработка учебного (теоретического материала) подготовка к текущей и промежуточной аттестации | 2,5                                                                   | 1-2                                                                 | зачет                               | устный опрос                                 |
|          |                                                                                                                        | Подготовка к лабораторным работам                                                              | 2                                                                     | 1-2                                                                 | ЛР                                  | Опрос по выполнению лабора-<br>торной работы |
| 2        | Классификация материалов электронной техники по их физическим, технологическим и химическим свойствам.                 | Проработка учебного (теоретического материала) подготовка к текущей и промежуточной аттестации | 3,5                                                                   | 3                                                                   | зачет                               | Устный опрос по контрольным во-<br>просам    |
| 3        | Проводниковые материалы. Параметры и свойства проводниковых материалов.                                                | Проработка учебного (теоретического материала) подготовка к текущей и промежуточной аттестации | 6,5                                                                   | 3-4                                                                 | зачет                               | Устный опрос по контрольным во-<br>просам    |
| 4        | Металлическая связь. Зонная теория твердых тел. Кристаллические решетки металлов.                                      | Проработка учебного (теоретического материала) подготовка к текущей и промежуточной аттестации | 3,8                                                                   | 4                                                                   | зачет                               | Устный опрос по контрольным во-<br>просам    |
|          |                                                                                                                        | Подготовка к лабораторным работам                                                              | 2                                                                     | 5                                                                   | ЛР                                  | Опрос по выполнению лабора-<br>торной работы |

|   |                                                                                                                                    |                                                                                                |     |     |       |                                         |
|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|-------|-----------------------------------------|
| 5 | Проводниковые материалы с высокой электропроводностью, их физические и химические и технологические свойства и области применения. | Проработка учебного (теоретического материала) подготовка к текущей и промежуточной аттестации | 5,8 | 6-7 | зачет | Устный опрос по контрольным вопросам    |
|   |                                                                                                                                    | Подготовка к лабораторным работам                                                              | 5   | 6-7 | ЛР    | Опрос по выполнению лабораторной работы |
| 6 | Проводниковые материалы с низкой электропроводностью их физико-химические свойства и области применения                            | Проработка учебного (теоретического материала) подготовка к текущей и промежуточной аттестации | 3,8 | 7   | зачет | Устный опрос по контрольным вопросам    |
| 7 | Полупроводниковые материалы. Ковалентная связь. Понятие о монокристаллах и эпитаксиальных структурах, методы их получения.         | Проработка учебного (теоретического материала) подготовка к текущей и промежуточной аттестации | 6   | 7-8 | зачет | Устный опрос по контрольным вопросам    |
| 8 | Способы получения, применения и свойства полупроводниковых монокристаллов.                                                         | Проработка учебного (теоретического материала) подготовка к текущей и промежуточной аттестации | 3,5 | 8   | зачет | Устный опрос по контрольным вопросам    |
| 9 | Диэлектрические материалы. Молекулярная                                                                                            | Проработка учебного (теоретического материала) подготовка к текущей и промежуточной аттестации | 5,3 | 9   | зачет | Устный опрос по контрольным вопросам    |

|    |                                                                                                                                                                       |                                                                                                |     |       |       |                                         |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-------|-------|-----------------------------------------|
|    | и ионная связь. Поляризация диэлектриков.                                                                                                                             | Подготовка к лабораторным работам                                                              | 3   | 9-10  | ЛР    | Опрос по выполнению лабораторной работы |
| 10 | Электрические и химические свойства диэлектриков. Электропроводность. Диэлектрические потери.                                                                         | Проработка учебного (теоретического материала) подготовка к текущей и промежуточной аттестации | 4   | 10-11 | зачет | Устный опрос по контрольным вопросам    |
| 11 | Полимерные материалы, их строение, свойства и области применения.                                                                                                     | Проработка учебного (теоретического материала) подготовка к текущей и промежуточной аттестации | 1,5 | 11-12 | зачет | Устный опрос по контрольным вопросам    |
|    |                                                                                                                                                                       | Подготовка к лабораторным работам                                                              | 1   | 11    | ЛР    | Опрос по выполнению лабораторной работы |
| 12 | Пластические массы. Структуры линейных, разветвленных и сетчатых полимеров, их основные химические и физико-технические свойства. Достоинства и недостатки пластмасс. | Проработка учебного (теоретического материала) подготовка к текущей и промежуточной аттестации | 2,4 | 12    | зачет | Устный опрос по контрольным вопросам    |
| 13 | Стеклообразное состояние веществ. Кристаллохимическое описание строения стекол. Кварцевое стекло, его структура и свойства.                                           | Проработка учебного (теоретического материала) подготовка к текущей и промежуточной аттестации | 2,7 | 12-13 | зачет | Устный опрос по контрольным вопросам    |

|    |                                                                                                                           |                                                                                                |     |       |       |                                      |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-------|-------|--------------------------------------|
| 14 | Многокомпонентные силикатные стёкла. Основные физико-химические свойства стекол.                                          | Проработка учебного (теоретического материала) подготовка к текущей и промежуточной аттестации | 2,5 | 14    | зачет | Устный опрос по контрольным вопросам |
| 15 | Керамические материалы. Техническая керамика. Технология изготовления керамических изделий. Химические свойства керамики. | Проработка учебного (теоретического материала) подготовка к текущей и промежуточной аттестации | 2,5 | 15-16 | зачет | Устный опрос по контрольным вопросам |
| 16 | Магнитные материалы. Классификация магнитных материалов, их свойства и области применения.                                | Проработка учебного (теоретического материала) подготовка к текущей и промежуточной аттестации | 2,7 | 16    | зачет | Устный опрос по контрольным вопросам |
|    |                                                                                                                           | <b>Итого</b>                                                                                   | 72  |       |       |                                      |

## 8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю) (при необходимости)

### 8.1 Перечень информационных справочных систем:

1. Электронная библиотека ЮРАЙТ: [www.biblio-online.ru](http://www.biblio-online.ru)
2. Электронно-библиотечная система ЛАНЬ: <https://e.lanbook.com>
3. Электронная библиотечная система eLIBRARY.RU: <http://www.elibrary.ru/>
4. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»: <http://window.edu.ru/window>
5. Рубрикон – крупнейший энциклопедический ресурс Интернета: <http://www.rubricon.com/>

## 9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Реализация Профиля предполагает наличие минимально необходимого для реализации бакалаврской программы перечня материально-технического обеспечения:

- лекционные аудитории (оборудованные видеопроекционным оборудованием для презентаций, средствами звуковоспроизведения, экраном, и имеющие выход в Интернет),
- компьютерные классы для проведения тестирования.

При использовании электронных изданий вуз должен обеспечить каждого обучающегося во время самостоятельной подготовки рабочим местом в компьютерном классе с выходом в Интернет в соответствии с объемом изучаемых дисциплин.

| №  | Вид работ                                  | Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и оснащенность                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Лекционные занятия                         | Помещение с достаточным количеством посадочных мест: №211С, оборудованные видеопроекционным оборудованием для презентаций, средствами звуковоспроизведения, экраном                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 2. | Лабораторные занятия                       | 1.оборудование вакуумного напыления металлических пленок для проведения лабораторных работ по изучению свойств металлов (ВУП-5, АдьфаН-1, УВР-3М);<br>2.оборудование для изучения процесса фотолитографии (установки нанесения фоторезиста SPIN-1200Т, SPIN-1200D, установка совмещения и экспонирования 830-II, комплекс лазерной безмасковой литографии μPG101).<br>Помещение с достаточным количеством посадочных мест: №144С |
| 3. | Групповые (индивидуальные) консультации    | Аудитории:<br>211с, 144с                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 4. | Текущий контроль, промежуточная аттестация | Аудитории:<br>211с, 144с                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 5. | Самостоятельная работа                     | Кабинет для самостоятельной работы, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения и обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета №208с                                                                                                                                                                                  |

|  |  |                                                                                                                                         |
|--|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  | Комплект учебной мебели с учебными терминальными станциями на 15 рабочих мест; доска учебная магнитно-маркерная; проектор Epson EB-X27; |
|--|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|