

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 27.04.2022 16:32:00  
Уникальный программный ключ:  
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84

## **Рабочая программа дисциплины**

### **ОСНОВЫ ОПТОЭЛЕКТРОНИКИ**

Направление подготовки  
**22.03.01– Материаловедение и технологии материалов**  
(год начала подготовки 2016)

Направленность программы магистратуры  
**Материаловедение и технологии конструкционных и функциональных материалов**

Профессиональный модуль  
**Материаловедение и технологии светотехники, оптоэлектроники и средств отображения информации**

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

| Должность    | Подпись | Ученое звание,<br>фамилия, инициалы |
|--------------|---------|-------------------------------------|
| Разработчики |         | к.х.н. В. В. Бахметьев              |
|              |         | доцент М.М. Сычёв                   |

Рабочая программа дисциплины «Основы оптоэлектроники» обсуждена на заседании кафедры теоретических основ материаловедения

протокол № от

Заведующий кафедрой

М.М. Сычёв

Одобрено учебно-методической комиссией факультета Химия веществ и материалов

протокол № от

Председатель

С. Г. Изотова

## СОГЛАСОВАНО

|   |  |                  |
|---|--|------------------|
| Руководитель направления<br>«Материаловедение и технологии ма-<br>териалов» |  | Н.О. Тагильцева  |
| Директор библиотеки   |  | Т.Н. Старостенко |
| Начальник методического отдела<br>учебно-методического управления           |  | Т.И. Богданова   |
| Начальник УМУ   |  | С.Н. Денисенко   |

## СОДЕРЖАНИЕ

|  |    |
|--|----|
| 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы..... | 04 |
| 2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы.....  | 06 |
| 3. Объем дисциплины .....  | 07 |
| 4. Содержание дисциплины   |    |
| 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.....  | 07 |
| 4.2. Занятия лекционного типа .....  | 09 |
| 4.3. Лабораторные работы .....   | 11 |
| 4.4. Самостоятельная работа.....   | 12 |
| 5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....                                      | 13 |
| 6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....   | 14 |
| 7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины .....  | 14 |
| 8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины .....                           | 15 |
| 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....   | 16 |
| 10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине                               |    |
| 10.1. Информационные технологии.....   | 16 |
| 10.2. Программное обеспечение.....   | 16 |
| 10.3. Информационные справочные системы.....   | 16 |
| 11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....                                 | 17 |
| 12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья .....   | 17 |
| Приложение № 1 к рабочей программе дисциплины  |    |
| Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации .....   | 18 |

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.**

**Перечень компетенций и этапов их формирования.**

| Номер компетенции | Суть компетенции   | Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине  |
|-------------------|--|--|
| ОПК-1             | Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности. | <p><b>имеет представление:</b><br/>о программных продуктах для расчета свойств веществ, материалов и изделий для оптоэлектроники.</p> <p><b>знает:</b><br/>методы исследования, моделирования и прогнозирования характеристик материалов.</p> <p><b>умеет:</b><br/>поставить цель и определить задачи исследования;<br/>выбирать методы исследования объекта;<br/>выбирать и оценивать методику анализа данного объекта;<br/>исследовать физико-химические свойства и определять основные технические характеристики материалов;<br/>оценивать точность и достоверность полученных результатов;<br/>самостоятельно приобретать новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний.</p> <p><b>владеет:</b><br/>методами исследования и анализа взаимосвязи между структурой, свойствами и техническими характеристиками материалов.</p> |
| ОПК-4             | Способен сочетать теорию и практику для решения инженерных задач   | <p><b>имеет представление:</b><br/>о теории решения инженерных задач.</p> <p><b>знает:</b><br/>методы исследования, моделирования и прогнозирования характеристик новых материалов;<br/>новые технологии в энергетике.</p> <p><b>умеет:</b><br/>поставить цель и определить задачи исследования;<br/>выбирать методы исследования объекта;<br/>выбирать и оценивать методику анализа данного объекта;<br/>исследовать физико-химические свойства и определять основные технические характеристики новых материалов для оптоэлектроники;<br/>оценивать точность и достоверность полученных результатов;</p>   |

|      |  |   |
|------|--|---|
|      |  | <p>самостоятельно приобретать новые знания и умения, в том числе в новых областях материалов и технологий в энергетике.</p> <p><b>владеет:</b><br/>методами исследования и анализа взаимосвязи между структурой, свойствами и техническими характеристиками материалов для оптоэлектроники.</p>   |
| ПК-1 | <p>Способен использовать современные информационно-коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы в научно-исследовательской и расчетно-аналитической деятельности в области материаловедения и технологии материалов.</p> | <p><b>имеет представление:</b><br/>о способах производства материалов для оптоэлектроники.</p> <p><b>знает:</b><br/>основные промышленные методы получения материалов;<br/>перспективные материалы для оптоэлектроники.</p> <p><b>умеет:</b><br/>анализировать и обобщать научно – технические данные;<br/>использовать в практической деятельности информационно – коммуникационные технологии и глобальные информационные ресурсы;</p> <p><b>владеет:</b><br/>научно – технической информацией по выбранной тематике исследования;<br/>нормативными документами по вопросам интеллектуальной собственности.</p>   |
| ПК-6 | <p>Способен использовать на практике современные представления о влиянии микро- и нано-структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, частицами и излучениями.</p>                                       | <p><b>имеет представление:</b><br/>о теориях, позволяющих прогнозировать механические, электрические, магнитные, оптические свойства веществ и материалов для оптоэлектроники;<br/>о программных продуктах для расчета свойств веществ, материалов и изделий для оптоэлектроники;<br/>о теории решения изобретательских задач;<br/>о принципах математического планирования экспериментов;<br/>о системе стандартизации и управления качеством продукции и производства;<br/>о способах производства функциональных материалов.</p> <p><b>знает:</b><br/>методы организации научно-исследовательской работы;<br/>методы исследования, моделирования и прогнозирования характеристик функциональных материалов;<br/>о влиянии микро- и нано – структуры на свойства материалов и их взаимодействие с окружающей средой.</p> <p><b>умеет:</b></p> |

|       |  |   |
|-------|--|---|
|       |  | <p>поставить цель и определить задачи исследования;</p> <p>выбирать методы исследования объекта;</p> <p>выбирать и оценивать методику анализа данного объекта;</p> <p>исследовать физико-химические свойства и определять основные технические характеристики материалов;</p> <p>оценивать точность и достоверность полученных результатов;</p> <p><b>владеет:</b></p> <p>методами исследования и анализа взаимосвязи между структурой, свойствами и техническими характеристиками.</p>   |
| ПК-11 | <p>Способен применять знания об основных типах современных неорганических и органических материалов, принципах выбора материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности, экологических последствий их применения при проектировании высокотехнологичных процессов.</p> | <p><b>имеет представление:</b></p> <p>о проведении испытаний при изучении материалов и изделий для оптоэлектроники;</p> <p>о стандартных и сертификационных процессах производства, обработки и модификации изучаемых материалов и изделий;</p> <p><b>знает:</b></p> <p>методы организации научно-исследовательской работы;</p> <p>основные типы современных неорганических и органических материалов для заданного эксперимента;</p> <p><b>умеет:</b></p> <p>поставить цель и определить задачи исследования и испытания при изучении материалов и изделий;</p> <p>выбирать методы исследования объекта; самостоятельно приобретать новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний.</p> <p><b>владеет:</b></p> <p>методами исследования и анализа взаимосвязи между структурой, свойствами и техническими характеристиками;</p> <p>методами математической обработки результатов эксперимента.</p> |

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина является дисциплиной по выбору и входит в профессиональный модуль «Материаловедение и технологии светотехники, оптоэлектроники и средств отображения информации» (Б1.В.ДВ.03.02.07) изучается на 4 курсе в 7 и 8 семестрах.

Занятия по данному курсу должны обеспечить приобретение студентами теоретических знаний, практических и расчетных навыков, необходимых при изучении специальных курсов, а также для последующей успешной работы на промышленных предприятиях, в научно-исследовательских и проектных организациях.

Изучение дисциплины «Основы оптоэлектроники» опирается на курсы лекций физика, математика, общая и неорганическая химия, органическая химия, физическая химия, химические и физико-химические методы анализа.

### 3. Объем дисциплины.

| Вид учебной работы   | Всего,<br>академических часов |
|--|-------------------------------|
|  | Очная форма обучения          |
| <b>Общая трудоемкость дисциплины</b><br>(зачетных единиц/ академических часов) | 10/360                        |
| <b>Контактная работа с преподавателем:</b>                                     | <b>164</b>                    |
| занятия лекционного типа   | 68                            |
| занятия семинарского типа, в т.ч.  |                               |
| семинары, практические занятия   |                               |
| лабораторные работы  | 84                            |
| курсовое проектирование (КР или КП)  |                               |
| <b>КСР</b>   | <b>12</b>                     |
| другие виды контактной работы (контроль)                                       | <b>72</b>                     |
| <b>Самостоятельная работа</b>  | <b>124</b>                    |
| <b>Формы текущего контроля</b> (Кр, реферат, РГР, эссе, КР, КП)                |                               |
| <b>Форма промежуточной аттестации</b> (зачет, экзамен)                         | Зачет, Экзамен                |

### 4. Содержание дисциплины.

#### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.

| №<br>п/п | Наименование<br>раздела дисциплины                        | Занятия лекционного типа,<br>акад. часы | Занятия семинарского типа,<br>академ. часы |                     | Самостоятельная работа,<br>акад. часы | Формируемые компетенции                     |
|----------|---|---|--|---------------------|---------------------------------------|---|
|          |   |   | Семинары и/или<br>практические занятия     | Лабораторные работы |                                       |   |
| 1        | <b>Оптические свойства полупроводников и диэлектриков</b> | 4                                       |  | 8                   | 12                                    | ОПК-1;<br>ПК-1;<br>ПК-4;<br>ПК-6;<br>ПК-11. |

| №<br>п/п | Наименование<br>раздела дисциплины   | Занятия лекционного типа,<br>акад. часы | Занятия семинарского типа,<br>академ. часы |                     | Самостоятельная работа,<br>акад. часы | Формируемые компетенции                     |
|----------|--|---|--|---------------------|---------------------------------------|---|
|          |  |   | Семинары и/или<br>практические занятия     | Лабораторные работы |                                       |   |
| 2        | <b>Источники излучения и их характеристики</b>                               | 8                                       |  | 10                  | 12                                    | ОПК-1;<br>ПК-1;<br>ПК-4;<br>ПК-6;<br>ПК-11. |
| 3        | <b>Приемники излучения и их характеристики</b>                               | 8                                       |  | 8                   | 12                                    | ОПК-1;<br>ПК-1;<br>ПК-4;<br>ПК-6;<br>ПК-11. |
| 4        | <b>Дисплеи, их классификация, материалы для дисплеев</b>                     | 12                                      |  | 14                  | 20                                    | ОПК-1;<br>ПК-1;<br>ПК-4;<br>ПК-6;<br>ПК-11. |
| 5        | <b>Оптические волноводы, материалы для волоконной оптики</b>                 | 6                                       |  | 8                   | 14                                    | ОПК-1;<br>ПК-1;<br>ПК-4;<br>ПК-6;<br>ПК-11. |
| 6        | <b>Оптические запоминающие устройства и материалы для них</b>                | 6                                       |  | 8                   | 14                                    | ОПК-1;<br>ПК-1;<br>ПК-4;<br>ПК-6;<br>ПК-11. |
| 7        | <b>Технология и оборудование производства материалов для оптоэлектроники</b> | 12                                      |  | 14                  | 20                                    | ОПК-1;<br>ПК-1;<br>ПК-4;<br>ПК-6;<br>ПК-11. |
| 8        | <b>Производство источников света, оптоэлектронных приборов и дисплеев</b>    | 12                                      |  | 14                  | 20                                    | ОПК-1;<br>ПК-1;<br>ПК-4;<br>ПК-6;<br>ПК-11. |



#### 4.2. Занятия лекционного типа

| №<br>раздела<br>дис-<br>ципли-<br>ны | Наименование темы<br>и краткое содержание занятия  | Объем,<br>акад.<br>часы | Иннова-<br>ционная<br>форма |
|--------------------------------------|--|-------------------------|-----------------------------|
| 1                                    | <b>Оптические свойства полупроводников и диэлектриков.</b><br>Общие сведения о полупроводниках. Зонная структура полупроводниковых кристаллов. Полупроводниковые материалы, применяемые в оптоэлектронике: германий, кремний, арсенид галлия, фосфид индия, сульфиды цинка и кадмия, их характеристики, физические и химические свойства. Спектры отражения и поглощения. Дефекты в полупроводниковых кристаллах: собственные и примесные. Влияние легирования на оптические свойства полупроводников. Квантовые размерные   | 6                       |                             |
| 2                                    | <b>Источники излучения и их характеристики.</b><br>Классификация источников излучения. Основные характеристики излучателей. Способы генерации света. Тепловые источники излучения. Лампы накаливания, галогенные лампы. Люминесценция в газах. Электрический разряд в газах. Ртутный разряд низкого и высокого давлений. Электрический разряд в парах металлов и их солей. Люминесцентные лампы низкого, высокого и сверхвысокого давления. Их характеристики. Импульсные источники света. Излучатели на основе низковольтной катодолюминесценции. Светоизлучающие диоды. Конструкции светодиодов, материалы и технология изготовления. Схемы включения светодиодов. Транзисторы. Лазеры – источники вынужденного излучения. Режимы работы лазеров, их главные рабочие характеристики: квантовый выход, КПД, порог генерации, время жизни метастабильного состояния. | 8                       |                             |

| №<br>раздела<br>дис-<br>цип-<br>ли-<br>ны | Наименование темы<br>и краткое содержание занятия  | Объем,<br>акад.<br>часы | Иннова-<br>ционная<br>форма |
|---|--|-------------------------|-----------------------------|
| 3   | <p><b>Приемники излучения и их характеристики.</b></p> <p>Возможные формы преобразования поглощенного излучения. Механизм элементарных процессов преобразования излучения. Законы преобразования излучения. Принцип Франка-Кондона. Количественные характеристики процессов преобразования (энергетический и квантовый выходы). Закон квантовой эквивалентности Эйнштейна. Классификация фотоприемников, их спектральные характеристики. Тепловые приемники. Фоторезисторы. Фотодиоды. Фототранзисторы. Приборы с зарядовой связью в качестве фотоприемников. Фотоэлектрическое действие излучения. Фотоэффект (внешний, внутренний, вентильный). Основные законы фотоэффекта Столетова и Эйнштейна. Стационарная фотопроводимость. Спектры фотопроводимости. Фотовольтаические эффекты. Фотоэлектрические преобразователи солнечного излучения.</p> | 8                       |                             |
| 4   | <p><b>Дисплеи, их классификация, материалы для дисплеев.</b></p> <p>Основные характеристики изображения на экране. ЭлектрOLUMИнесцентные панели переменного и постоянного тока. Плазменные панели (индикаторные панели переменного тока). Светодиодные дисплеи. Органические светодиоды. КатодolumИнесцентные дисплеи. Дисплеи с полевой эмиссией. Жидкокристаллические дисплеи. Подсветка жидкокристаллических дисплеев. Электронная бумага (электронные чернила). Материалы для дисплеев. Дисплей на основе квантовых точек. Цветовые характеристики дисплеев. Электрохромные индикаторы.</p>  | 12                      |                             |
| 5   | <p><b>Оптические волноводы, материалы для волоконной оптики.</b></p> <p>Физические и технические особенности оптических систем связи. Основы оптики волновода. Структура волоконного световода. Профиль показателя преломления. Лучи в оптических волокнах. Типы оптических волокон. Сравнительный анализ характеристик оптического волокна. Общая классификация материалов для волоконной оптики. Неорганические стекла для изготовления оптических волокон. Полимеры для волоконной оптики. Типы оптических кабелей. Технология производства оптического волокна. Оборудование, применяемое в волоконной оптике.</p>   | 6                       |                             |
| 6   | <p><b>Оптические запоминающие устройства и материалы для них.</b></p> <p>Оптические диски для записи информации. Разновидности дисков. Способы записи и считывания информации с оптических носителей. Структура оптических дисков. Материалы, применяемые для изготовления оптических носителей информации. Оборудование и технологические операции изготовления оптических дисков.</p>  | 4                       |                             |

| № раздела дисциплины | Наименование темы и краткое содержание занятия  | Объем, акад. часы | Инновационная форма |
|----------------------|---|-------------------|---------------------|
| 7                    | <b>Технология и оборудование производства материалов для оптоэлектроники.</b><br>Установки для выращивания лазерных и электрооптических монокристаллов. Печи. Вакуумные печи. Водородные печи. Оптические печи. Гидротермальные реакторы. Кристаллизаторы. Ионная имплантация.  | 12                |                     |
| 8                    | <b>Производство источников света, оптоэлектронных приборов и дисплеев.</b><br>Материалы и оборудование, используемые в производстве источников света, оптоэлектронных приборов и дисплеев. Вакуумное оборудование. Форвакуумные и высоковакуумные насосы. Вакуумные установки. Методы получения тонких пленок: вакуумное испарение, плазменное и магнетронное нанесение. Синтез люминесцентных и просветляющих пленок методом золь-гель. Нанесение пленок без использования вакуумных установок: центрифугирование, конструкция центрифуг. Получение толстых пленок. Сеткотрафаретная печать. Станки для трафаретной печати. Пасты для трафаретной печати. Полив, окувание, струйная печать, 3D печать. Фотолито- | 12                |                     |

#### 4.3. Лабораторные работы

| № раздела дисциплины | Перечень вопросов для самостоятельного изучения   | Объем, акад. часы | Форма контроля                |
|----------------------|---|-------------------|-------------------------------|
| 1                    | <b>Определение ширины запрещенной зоны полупроводника.</b>                                | 4                 | Отчеты о лабораторных работах |
| 2                    | <b>Исследование спектров оптического поглощения полупроводника.</b>                       | 4                 | Отчеты о лабораторных работах |
| 3                    | <b>Исследование вольт-яркостных и спектральных характеристик светодиодов.</b>             | 10                | Отчеты о лабораторных работах |
| 4                    | <b>Изготовление электролюминесцентного источника света и анализ спектра его свечения.</b> | 14                | Отчеты о лабораторных работах |
| 5                    | <b>Измерение электрооптических характеристик фотодиода.</b>                               | 8                 | Отчеты о лабораторных работах |
| 6                    | <b>Определение контраста и быстродействия ЖК ячейки.</b>                                  | 4                 | Отчеты о лабораторных работах |

| № раздела дисциплины | Перечень вопросов для самостоятельного изучения                              | Объем, акад. часы | Форма контроля                |
|----------------------|--|-------------------|-------------------------------|
| 7                    | <b>Изготовление и исследование характеристик электрохромного индикатора.</b> | 4                 | Отчеты о лабораторных работах |
| 8                    | <b>Исследование органического светоизлучающего дисплея (OLED).</b>           | 14                | Отчеты о лабораторных работах |
| 9                    | <b>Нанесение оптических покрытий золь-гель методом.</b>                      | 8                 | Отчеты о лабораторных работах |
| 10                   | <b>Изготовление пассивных элементов сеткотрафаретной печатью.</b>            | 14                | Отчеты о лабораторных работах |

#### 4.4. Самостоятельная работа обучающихся.

| № раздела дисциплины | Перечень вопросов для самостоятельного изучения  | Объем, акад. часы | Форма контроля |
|----------------------|--|-------------------|----------------|
| 1                    | <b>Оптические свойства полупроводников и диэлектриков</b><br>Методы исследования оптических свойств материалов.  | 12                | Коллоквиум     |
| 2                    | <b>Источники излучения и их характеристики</b><br>Ртутные лампы высокой интенсивности. Металлогалогенные лампы.<br>Натриевые лампы.<br>Катодолюминесцентные лампы.                         | 12                | Коллоквиум     |
| 3                    | <b>Приемники излучения и их характеристики</b><br>Фотоэлементы, основанные на внешнем фотоэффекте.<br>Полупроводниковые фотоумножители.<br>Фотоэлементы на основе органических соединений. | 12                | Коллоквиум     |
| 4                    | <b>Дисплеи, их классификация, материалы для дисплеев</b><br>Органические люминофоры.<br>Люминофоры для экранов с длительным послесвечением.  | 20                | Коллоквиум     |

| № раздела дисциплины | Перечень вопросов для самостоятельного изучения   | Объем, акад. часы | Форма контроля |
|----------------------|---|-------------------|----------------|
| 5                    | <b>Оптические волноводы, материалы для волоконной оптики</b><br>Оптические квантовые генераторы на основе стекол.<br>Соединители оптических кабелей. Их параметры.<br>Многомодовое градиентное оптическое волокно.<br>Ступенчатое одномодовое оптоволокно.<br>Одномодовое оптоволокно с ненулевой смещенной дисперсией.<br>Вытяжка оптического волокна из заготовок-преформ.<br>Метод двойного тигля. | 14                | Коллоквиум     |
| 6                    | <b>Оптические запоминающие устройства и материалы для них</b><br>Основы голографии.<br>Голографические устройства и носители информации.  | 14                | Коллоквиум     |
| 7                    | <b>Технология и оборудование производства материалов для оптоэлектроники</b><br>Оборудование и технология производства изделий из аморфных полупроводников. Аморфный кремний, карбиды, нитриды.   | 20                | Коллоквиум     |
| 8                    | <b>Производство источников света, оптоэлектронных приборов и дисплеев</b><br>Получение тонких пленок методом химического осаждения из газовой фазы (CVD).<br>Химическая сборка материалов методом молекулярного наслаивания.  | 20                | Коллоквиум     |

#### 5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.

1. Антипов, Б. Л. Материалы электронной техники. Задачи и вопросы. Учебник для вузов по специальностям электронной техники / Б. Л. Антипов, В. С. Сорокин, В. А. Терехов; под ред. В. А. Терехова. - 3-е изд., стер. - СПб.; М.; Краснодар : Лань, 2003. - 208 с.
2. Баличева, Т.Г. Физические методы исследования неорганических веществ: Учебное пособие по специальности 020101 "Химия" направления подготовки 020100 "Химия" / Т. Г. Баличева, Л. П. Белорукова, Р. А. Звинчук и др.; под ред. А. Б. Никольского. - М.: Academia, 2006. - 443 с.
3. Богородицкий, И. П. Электротехнические материалы: учебник для электротехнических и энергетических спец. вузов / И. П. Богородицкий, В. В. Пасынков, Б. М. Тареев. - 6-е изд., перераб. - Л. : Энергия, 1977. - 352 с.
4. Короткова, Е.И. Физико-химические методы исследования и анализа: учебное пособие/ Е.И. Короткова, Т.М. Гиндулина, Н.М. Дубова, О.А. Воронова. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 168 с.
5. Корсаков, В.Г. Физическая химия твердого тела / В.Г.Корсаков, М.М.Сычев, С.В.Мякин. - СПб.: Петербургский государственный университет путей сообщения, 2008. - 177 с.
6. Литвинов, В.С. Тепловые источники оптического излучения/ В.С. Литвинов, Г.Н. Рохлин - М.: Энергия, 1975. - 247 с.

7. Лякишев, Н. П. Металлические монокристаллы / Н. П. Лякишев, Г. С. Бурханов; РАН. Ин-т металлургии и материаловедения им. А. А. Байкова. - М. : ЭЛИЗ, 2002. - 311 с.
8. Мельников, Ю.Ф. Светотехнические материалы / Ю.Ф. Мельников – М.: Высшая школа, 1976. – 150Орлов, М.А. Основы классической ТРИЗ. Практическое руководство для изобретательного мышления./ М.А. Орлов. – 2-е изд., испр. и доп, – М.: СОЛОН-ПРЕСС. 2006. – 432 с.
9. Пасынков, В.В. Электротехнические материалы / В.В. Пасынков, Б.М. Тареев - М.: Энергия, 1977. – 320 с.
10. Пасынков, В.В. Материалы электронной техники: учебник для вузов по спец. "Полупроводники и диэлектрики", "Полупроводниковые и микроэлектронные приборы" / В. В. Пасынков, В. С. Сорокин. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Вышш. шк., 1986. - 367 с.
11. Рогов, В.А. Методика и практика технических экспериментов: Учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений/ В.А.Рогов, Г.Г.Позняк. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 288 с.
12. Рябцева, Н.Г. Материалы квантовой электроники / Н.Г. Рябцева - М.: Изд. Советское радио, 1972. – 382 с.
13. Селиванов, М.Н. Качество измерений: Метрологическая справочная книга. / М.Н Селиванов, А.Э. Фридман, Ж.Ф. Кудряшова. - Л.: Лениздат, 1987. – 295 с.
14. Семенов, С.А. Планирование эксперимента в химии и химической технологии. Учебно-методическое пособие. / С.А. Семёнов. М.: ИПЦ МИТХТ, 2001. -93 с.
15. Соболева, Л.В. Выращивание новых функциональных монокристаллов / Л.В.Соболева. – М.: Физматлит, 2009. – 481 с.

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

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в виде зачёта в конце 7 и 8 семестров. Для получения зачёта студент должен правильно ответить на 2 вопроса из списка контрольных вопросов (приложение №1). Время подготовки студента к устному ответу на вопросы - до 30 мин.

Промежуточная аттестация по курсу «Основы оптоэлектроники» проводится по результатам экзаменов на 4 курсе в конце 7 и 8 семестров. Экзаменационный билет содержит два вопроса. Время подготовки студента к устному ответу на вопросы - до 30 мин.

Пример вопросов к экзамену:

### **Вариант № 1**

1. Как формулируется закон Стокса, что такое антистоксова люминесценция, каков ее механизм?
2. Конструкция и принцип работы жидкокристаллических дисплеев, их характеристики, материалы и технологии, применяемые в их производстве?

## **7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.**

### **а) основная литература:**

1. Игнатов, А.Н. Оптоэлектроника и нанофотоника : Учебное пособие для вузов по направлениям подготовки "Электроника и наноэлектроника" и "Телекоммуникации" / А. Н. Игнатов. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2011. - 538 с.

2. Раскин А.А. Технология материалов микро-, опто- и наноэлектроники. Часть 1.: учебное пособие для вузов по направлению подготовки 210100 «Электроника и микроэлектроника» / А.А.Раскин. – М.: Бином, 2010. – 164 с.
3. Рошин, В.М. Технология материалов микро-, опто- и наноэлектроники ч 2/ В.М.Рошин, М.В.Силибин. – М: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – 180 с.
4. Материаловедение и технологии современных и перспективных материалов М.М.Сычев [и др.], СПбГТИ(ТУ). Каф. теорет. основ материаловедения. - СПб., 2013. – 161 с. (ЭБ)
5. Корсаков, В.Г. Физическая химия твердого тела / В.Г.Корсаков, М.М. Сычев, С.В. Мякин. – СПб: Изд-во ПГУПС, 2008. – 176 с.
6. Определение цветowych координат люминофоров и их смесей: метод. указания /М.М.Сычев, Н.В.Захарова, В.Г.Корсаков. – СПб.: Изд-во СПбГТИ(ТУ), 2011. – 23 с. (ЭБ)
7. Бахметьев, В.В. Синтез и исследование свойств цинк-сульфидного люминофора: метод. указания / В.В.Бахметьев, М.М.Сычев, В.Г.Корсаков; СПбГТИ(ТУ). Каф. теорет. основ материаловедения. – СПб., 2005. – 18 с.
8. Алексеев, С.А. Электролюминесцентные панели на основе полимерных композитов: метод. указания / С.А.Алексеев, М.М.Сычев, В.Г.Корсаков; СПбГТИ(ТУ). Каф. теорет. основ материаловедения. – СПб., 2005. – 18 с.
9. Трифонов, С.А. Определение краевого угла смачивания: Методические указания к лабораторной работе/ С. А. Трифонов, Т. С. Павленко; СПбГТИ(ТУ). Каф. хим. нанотехнологии и материалов электрон. техники. - СПб., 2010. – 20 с.
10. Дубровенский, С. Д. Компьютерный анализ спектральных данных: методические указания к лабораторной работе / С. Д. Дубровенский ; СПбГТИ(ТУ). Каф. хим. нанотехнологии и материалов электрон. техники. - СПб., 2011. – 49 с. (ЭБ).
11. Богданов, С.П. Измерение ширины запрещённой зоны полупроводника / С.П. Богданов. СПбГТИ(ТУ). - СПб., 2013. – 13 с. (ЭБ).
12. Исследование полупроводникового диода: Методические указания к лабораторной работе № 25 / Т. А. Дудникова [и др.]; СПбГТИ(ТУ). Каф. общ. физики. - СПб., 2005. - 20 с.

**б) дополнительная литература:**

1. Киселев, Г.Л. Квантовая и оптическая электроника : Учебное пособие / Г. Л. Киселев. - 2-е изд., испр. и доп. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2011. - 313 с.
2. Твердотельная электроника: Учебное пособие для вузов по направлению подготовки "Электроника и микроэлектроника" / Э. Н. Воронков, А. М. Гуляев, И. Н. Мирошникова, Н. А. Чарыков. - М. : Академия, 2009. - 318 с.
3. Малышев В.А. Основы квантовой электроники и лазерной техники: учебное пособие для вузов по специальности «Электронные приборы и устройства» направления «Электроника и микроэлектроника» / В.А.Малышев. – М.: Высш. шк., 2005. – 543 с.
4. Мартинес-Дуарт Дж.М. Нанотехнологии для микро- и оптоэлектроники / Дж.М. Мартинес-Дуарт. – М.: Техносфера, 2007. – 367 с.
5. Белостоцкая, И.С. Химия кремния: Учебное пособие для средних специальных учебных заведений по спец. 2508 "Производство тугоплавких неметаллических силикатных материалов и изделий"/ И. С. Белостоцкая. - М.: ИНФРА-М, 2008. - 63 с.
6. Ежовский, Ю.К. Физико-химические основы технологии микро- и наноэлектронных устройств: учебное пособие / Ю.К.Ежовский; СПб.: изд. СПбГТИ(ТУ), 2007. – 143 с.
7. Ежовский, Ю.К. Практикум по технологии и свойства материалов электронной техники: учебное пособие / Ю.К.Ежовский; СПб.: изд. СПбГТИ(ТУ), 2007. – 102 с.

## **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.**

Интернет-ресурсы: проводить поиск в различных системах, таких как [www.yandex.ru](http://www.yandex.ru), [www.google.ru](http://www.google.ru), [www.rambler.ru](http://www.rambler.ru), [www.yahoo.ru](http://www.yahoo.ru) и использовать материалы сайтов, рекомендованных преподавателем на лекционных занятиях.

С компьютеров института открыт доступ к:

[www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru) - eLIBRARY - научная электронная библиотека периодических изданий;

<http://e.lanbook.com> - Электронно-библиотечная система издательства «Лань», коллекции «Химия» (книги издательств «Лань», «Бином», «НОТ», «Профессия»), «Нанотехнологии» (книги издательства «Бином. Лаборатория знаний»);

[www.consultant.ru](http://www.consultant.ru) - КонсультантПлюс - база законодательных документов по РФ и Санкт-Петербургу;

[www.scopus.com](http://www.scopus.com) - База данных рефератов и цитирования Scopus издательства Elsevier;

<http://webofknowledge.com> - Универсальная реферативная база данных научных публикаций Web of Science компании Thomson Reuters;

<http://iopscience.iop.org/journals?type=archive>, <http://iopscience.iop.org/page/subjects> - Издательство IOP (Великобритания);

[www.oxfordjournals.org](http://www.oxfordjournals.org) - Архив научных журналов издательства Oxford University Press;

<http://www.sciencemag.org/> - Полнотекстовый доступ к журналу Science (The American Association for the Advancement of Science (AAAS));

<http://www.nature.com> - Доступ к журналу Nature (Nature Publishing Group);

<http://pubs.acs.org> - Доступ к коллекции журналов Core + издательства American Chemical Society;

<http://journals.cambridge.org> - Полнотекстовый доступ к коллекции журналов Cambridge University Press.

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.**

Рабочей программой дисциплины «Основы оптоэлектроники» предусмотрена самостоятельная работа студентов в объеме 124 часов. Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- поиск дополнительной информации в литературных и электронных источниках;
- самостоятельное изучение методов экспериментальной химии;
- изучение организации научной работы в институте и на профильной кафедре;
- использование полученных знаний при написании курсовых работ;
- математический анализ результатов полученных при проведении лабораторных работ;
- подготовка к защите текущих заданий: выполнение исследования на основе вычислительного эксперимента, формулирование выводов и технологических рекомендаций по реализации процесса.
- просмотр текущего теоретического материала для его успешного усвоения;
- посещение отраслевых выставок и семинаров, проводимых в Санкт-Петербурге;
- подготовку к сдаче зачета, проводимого по вопросам, представленным в разделе 4.

Самостоятельная работа студента неразрывно связана с выполнением текущих задач и, следовательно, равномерно спланирована на весь семестр. Дополнительные данные студент может получить из материалов других специальных курсов и литературных источников, представленных в настоящей "Рабочей программе".



## **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.**

### 10.1. Информационные технологии.

<http://bibl.lti-gti.ru/service1.html> - Электронно-библиотечная система «Электронный читальный зал – БиблиоТех» СПбГТИ(ТУ),

<http://media.technolog.edu.ru/index.php?lang=ru> – Интернет ресурс для электронного взаимодействия работников и учащихся СПбГТИ(ТУ).

<http://tom-spbgti.narod.ru/> - Сайт кафедры теоретических основ материаловедения СПбГТИ(ТУ).

### 10.2. Программное обеспечение.

Для проведения занятий имеются персональные компьютеры с программным обеспечением:

- Windows,
- StarOffice, OpenOffice,

### 10.3. Информационные справочные системы.

1. <http://prometeus.nse.ru> – база ГПНТБ СО РАН.
2. <http://borovic.ru> - база патентов России.
3. <http://1.fips.ru/wps/portal/Register> - Федеральный институт промышленной собственности
4. <http://google.com/patent>- база патентов США.
5. <http://freepatentsonline.com>- база патентов США.
6. <http://patentmatie.com/welcome> - база патентов США.
7. [http://patika.ru/Epasenet\\_patentnie\\_poisk.html](http://patika.ru/Epasenet_patentnie_poisk.html) - европейская база патентов.
8. <http://gost-load.ru>- база ГОСТов.
9. <http://worldddofaut.ru/index.php> - база ГОСТов.
10. <http://elibrary.ru> – Российская поисковая система научных публикаций.
11. <http://springer.com> – англоязычная поисковая система научных публикаций.
12. <http://dissforall.com> – база диссертаций.
13. <http://diss.rsl.ru> – база диссертаций.
14. <http://webbook.nist.gov/chemistry> - NIST Standard Reference Database.
15. <http://riodb.ibase.aist.go.jp/riohomee.html> - база спектров химических соединений.
16. <http://markmet.ru> – марочник сталей.

## **11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.**

Для проведения занятий в интерактивной форме, чтения лекций в виде презентаций, демонстрации видео материалов используется мультимедийная техника.

Для проведения практических занятий используют компьютерный класс с персональными компьютерами.

Для проведения мастер классов и демонстрации практической исследовательской работы используется следующее оборудование:

1. Спектрофотометр СФ-46
2. Спектрофотометр зеркального и диффузного отражения СФ-56
3. Спектроколориметр ТКА-ВД (НТП «ТКА»)

4. УФ-радиометр ТКА-ПКМ (НТП «ТКА»)
5. Моновидеомикроскоп Альтами МВ0670СПД (ООО «Альтами»)
6. Исследовательский радиометр IL1700
7. Спектрофлуориметр AvaSpec-3648
8. Генератор сигналов низкочастотный ГЗ-123
9. Источник питания постоянного тока Б5-44
10. Вольтметр универсальный В7-27А/1
11. Вольтметр универсальный В7-21А
12. Электромметр Keithley
13. Измеритель иммитанса Е7-20
14. Мегомметр ПС-1
15. Яркомер ФПЧ-УХЛ4
16. Электродуховка камерная лабораторная SNOL 6,7/1300
17. Цетрифуга лабораторная
18. Станок сеткотрафаретной печати
19. Лабораторная установка для определения ширины запрещенной зоны полупроводника
20. Вытяжной шкаф
21. Лабораторная установка изготовления пленок поливом
22. Лабораторная установка изготовления материалов оптоэлектроники иодным транспортом.
23. Установка для изменения краевого угла смачивания поверхности.
24. Набор для изготовления фотолитографических шаблонов.

## **12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.**

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями учебные процесс осуществляется в соответствии с Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья СПбГТИ(ТУ), утвержденным ректором 28.08.2014 г.

**Фонд оценочных средств  
для проведения промежуточной аттестации**

**1. Перечень компетенций и этапов их формирования.**

| Номер компетенции | Суть компетенции  | Этап Формирования |
|-------------------|---|-------------------|
| ОПК-1             | Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности.  | Промежуточный     |
| ОПК-4             | Способен сочетать теорию и практику для решения инженерных задач.   | Промежуточный     |
| ПК-1              | Способен использовать современные информационно-коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы в научно-исследовательской и расчетно-аналитической деятельности в области материаловедения и технологии материалов.   | Промежуточный     |
| ПК-6              | Способен использовать на практике современные представления о влиянии микро- и нано-структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, частицами и излучениями.   | Промежуточный     |
| ПК-11             | Способен применять знания об основных типах современных неорганических и органических материалов, принципах выбора материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности, экологических последствий их применения при проектировании высокотехнологичных процессов. | Промежуточный     |

**2. Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, шкала оценивания.**

Уровни освоения дисциплины оцениваются согласно требованиям, изложенным в паспорте каждой из указанных компетенций, где указаны требования к пороговому и повышенным уровням освоения.

Оценка проводится по 5-бальной системе, при этом пороговому уровню соответствует 3 балла, повышенному - 5.

Описание уровней сформированности компетенций

| Компетенция  | Ступени уровней освоения компетенции | Отличительные признаки  | Критерий Оценивания                         |
|--|--------------------------------------|---|---|
| ОПК-1 Способен решать стандартные задачи профессиональной деятель- | Пороговый                            | Имеет представление о решении стандартных задач профессиональной дея- | Правильные ответы на вопросы № 12-21, к за- |

|  |             |   |   |
|--|-------------|---|---|
| ности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности.  |             | тельности на основе информационной и библиографической культуры.  | чёту.   |
|  | Продвинутый | Может находить необходимую информацию.  |   |
|  | Высокий     | Может решать стандартные профессиональные задачи с применением информационно-коммуникационных технологий.   |   |
| ОПК-4 Способен сочетать теорию и практику для решения инженерных задач   | Пороговый   | Имеет представление о решении инженерных задач.   | Правильные ответы на вопросы № 12-21, к зачёту. |
|  | Продвинутый | Может сочетать теоретические и практические знания для решения инженерных задач.  |   |
|  | Высокий     | Может применять теоретические и практические знания для решения инженерных задач.   |   |
| ПК-1 Способен использовать современные информационно-коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы в научно-исследовательской и расчетно-аналитической деятельности в области материаловедения и технологии материалов. | Пороговый   | Имеет представление о современных информационно – коммуникационных технологиях.   | Правильные ответы на вопросы № 22-34, к зачёту. |
|  | Продвинутый | Может находить необходимую информацию в глобальных информационных ресурсах.   |   |
|  | Высокий     | Может применять современные информационно – коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы в научно – исследовательской деятельности.   |   |
| ПК-6 Способен использовать на практике современные представления о влиянии микро- и нано-структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, частицами и излучениями  | Пороговый   | Имеет представление о способах получения, свойствах и применении наноматериалов в энергетике.   | Правильные ответы на вопросы № 35-50 к зачёту.  |
|  | Продвинутый | Понимает влияние микро- и нано-структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, энергетическими частицами и излучением. |   |
|  | Высокий     | Может провести самостоятельное исследование по методу получения заданного нано-материала.   |   |

|  |             |  |   |
|--|-------------|--|---|
| ПК-11 Способен применять знания об основных типах современных неорганических и органических материалов, принципах выбора материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности, экологических последствий их применения при проектировании высокотехнологичных процессов | Пороговый   | Имеет представления об основных типах современных неорганических и органических материалах.    | Правильные ответы на вопросы № 1-11 к зачёту. |
|  | Продвинутый | Понимает принципы выбора материалов для заданных условий.                                      |   |
|  | Высокий     | Может применять знания об основных типах современных неорганических и органических материалах. |   |

### 3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации.

Текущий контроль успеваемости осуществляется в форме проверки индивидуальных заданий на лабораторных занятиях.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в виде зачёта в конце 7 и 8 семестров. Для получения зачёта студент должен правильно ответить на 2 вопроса из списка контрольных вопросов для проведения зачёта (приложение №1). Время подготовки студента к устному ответу на вопросы - до 30 мин.

Промежуточная аттестация по курсу «Основы оптоэлектроники» проводится по результатам экзаменов на 4 курсе в конце 7 и 8 семестров. Экзаменационный билет содержит два вопроса. Время подготовки студента к устному ответу на вопросы - до 30 мин.

### Вопросы для подготовки к зачету и экзамену

1. Что такое полупроводники, в чем их отличие от металлов и диэлектриков с точки зрения зонной структуры?
2. Какие типы носителей заряда присутствуют в полупроводниках, что такое уровень Ферми, как на его положение влияет легирование полупроводников?
3. Какие полупроводники применяются для изготовления изделий оптоэлектроники, физические и химические свойства этих полупроводников?
4. Как ширина запрещенной зоны полупроводника влияет на его спектр поглощения, методы определения ширины запрещенной зоны?
5. Что такое люминесценция, чем она отличается от теплового излучения, какие бывают способы возбуждения люминесценции?
6. Как формулируется закон Стокса, что такое антистоксова люминесценция, каков ее механизм?
7. Что такое энергетический и квантовый выходы люминесценции, каковы методы их определения?
8. В чем заключается квантовый размерный эффект в полупроводниках?
9. Какие бывают виды электрических разрядов в газах, условия их протекания?
10. Что такое люминофоры рекомбинационного типа, в чем их отличие от люминофоров с дискретными центрами свечения, механизмы люминесценции этих типов люминофоров?

11. Что такое активатор и соактиватор в люминофорах?
12. В чем заключается принцип действия галогенной лампы накаливания, какова ее конструкция?
13. Виды газоразрядных и люминесцентных ламп, в чем их преимущество перед лампами накаливания, каковы их характеристики?
14. Каков механизм возникновения свечения светодиода, какие материалы применяют для производства светодиодов, технология их изготовления?
15. Что такое «оптический квантовый генератор» (ОКГ), принцип его работы, характеристики вынужденного излучения?
16. Конструкция и виды ОКГ. Газовые лазеры. Твердотельные лазеры. Материалы, используемые для производства лазеров?
17. Что такое внешний и внутренний фотоэффект? В каких типах фотоприемников он используется?
18. Классификация фотоприемников. Структура фоторезистора, фотодиода, фототранзистора? Технологии, используемые в их производстве?
19. Устройство и принцип работы фотоумножителя?
20. Конструкция прибора с зарядовой связью (ПЗС), принцип его работы, материалы и технологии производства ПЗС?
21. Конструкция и принцип работы солнечных элементов на основе кремния и арсенида галлия, технология их производства?
22. Конструкция и принцип работы электронно-лучевых дисплеев, их характеристики, материалы и технологии, применяемые в их производстве?
23. Конструкция и принцип работы плазменных дисплейных панелей, их характеристики, материалы и технологии, применяемые в их производстве?
24. Конструкция и принцип работы электролюминесцентных и тонкопленочных экранов, их характеристики, материалы и технологии, применяемые в их производстве?
25. Конструкция и принцип работы жидкокристаллических дисплеев, их характеристики, материалы и технологии, применяемые в их производстве?
26. Конструкция и принцип работы полевых эмиссионных дисплеев, их характеристики, материалы и технологии, применяемые в их производстве?
27. Конструкция и принцип работы электрофоретических экранов, их характеристики, материалы и технологии, применяемые в их производстве?
28. Конструкция и принцип работы дисплеев на основе неорганических светодиодов, их характеристики, материалы и технологии, применяемые в их производстве?
29. Конструкция и принцип работы дисплеев на основе органических светодиодов, их характеристики, материалы и технологии, применяемые в их производстве?
30. Конструкция и принцип работы электрохромных индикаторов, их характеристики, материалы и технологии, применяемые в их производстве?
31. Какие материалы используют для изготовления оптических волноводов?
32. Что такое одномодовое и многомодовое оптическое волокно, пассивные и активные волокна, как меняется показатель преломления по толщине оптического волокна?
33. Какие существуют методы изготовления оптических волокон, в чем их преимущества и недостатки, какое оборудование используется?
34. Какова конструкция однократно и многократно перезаписываемых оптических дисков? Каким образом производится запись и стирание информации? Какие материалы для этого используются?
35. Какие существуют способы выращивания монокристаллов? В чем они заключаются? Их преимущества и недостатки? Какое оборудование при этом используется?
36. Что такое низкий, средний и высокий вакуум?
37. Виды форвакуумных насосов?
38. Виды высоковакуумных насосов?
39. Конструкции вакуумных установок, их основные узлы?

40. Какие существуют методы вакуумного нанесения тонких пленок, для каких материалов их можно применять?
41. Особенности нанесения пленок методом центрифугирования?
42. Какие существуют методы нанесения толстых пленок?
43. Сущность метода сеткотрафаретной печати, конструкция установок для сеткотрафаретной печати?
44. Пленки из каких материалов можно наносить методом сеткотрафаретной печати, состав паст для нанесения пленок?
45. Золь-гель метод изготовления люминесцентных и просветляющих пленок.
46. Ионная имплантация – принцип метода, оборудование.
47. Полив, окунание, струйная печать, 3D печать.
48. Фотолитография – принцип метода, оборудование.
49. Лазерные технологии.
50. Электронно-лучевые технологии.

**4. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.**

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями СТП

СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКВД. Порядок проведения зачетов и экзаменов.