

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**Политехнический институт**

**Факультет приборостроения, информационных технологий и электроники**

**УТВЕРЖДАЮ**  
Директор Политехнического института  
Д.В. Артамонов  
(подпись)  
«3» октября 2014 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
ОПТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ В ПРИБОРОСТРОЕНИИ**

Направление подготовки: **12.06.01 – Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии**

Направленность (профиль) **Приборы и методы измерения**

Квалификация: **Исследователь. Преподаватель-исследователь**

Форма обучения: **очная/ заочная**

Пенза, 2014

Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению 12.06.01 – Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (уровень подготовки кадров высшей квалификации)

Программу составил:


1. Грунин А.Б., д.ф-м. н., профессор кафедры «Физика»

  
(подпись)

Программа одобрена на заседании кафедры РТиРЭС

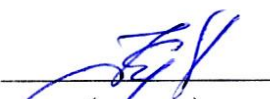
Протокол № 1 от « 16 » сентября 2014 года

Зав. кафедрой

  
(подпись) Светлов А.В.

Программа согласована с деканом факультета приборостроения, информационных технологий и электроники (ФПИТЭ)


Декан факультета

  
(подпись) Кревчик В.Д.

Программа одобрена методической комиссией ФПИТЭ

Протокол № 1 от « 03 » октября 2014 года

Председатель методической комиссии ФПИТЭ

  
(подпись) Задера А.В.

**Настоящая программа не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.**

## 1. Цели освоения дисциплины

**Цель изучения дисциплины** – формирование представления о предмете, объектах, теоретических и практических методах современной фотоники и квантовой оптики, а также развитие способностей применять полученные знания для решения современных задач моделирования, создания и экспериментального исследования наноструктурных материалов, компонентов наноэлектроники и наносистемной техники в рамках специальности 05.11.01 – «Приборы и методы измерения» направления подготовки: 12.06.01 – «Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии».

### **Задачи дисциплины:**

- изучить теоретические основы фотоники, как междисциплинарного направления современных исследований в области современной оптики, спектроскопии и электроники;
- изучить методы фотоники и квантовой оптики в связи со спецификой изучаемых объектов и поставленными задачами исследования;
- познакомиться с многообразием и особенностями использования теоретических и практических методов в исследованиях современной фотоники и квантовой оптики;
- сбор, изучение и систематизация отечественной и иностранной научно-технической информации по тематике исследования в области оптики и фотоники;
- моделирование и расчет основных параметров и характеристик наноструктурных материалов, наноэлектронных компонент и устройств на их основе;
- обработка и систематизация результатов исследований, представление материалов в виде презентаций, научных отчетов и публикаций;
- изучение различных сфер применения наноматериалов, компонентов наноэлектроники и наносистемной техники при создании технических систем различного функционального назначения;
- ознакомление с принципами работы современного измерительного оборудования, используемого для решения различных научно-технических задач в области современной оптики, фотоники и наноэлектроники;
- освоение компетенций в соответствии с требованиями ФГОС ВО, подготовка к сдаче экзамена кандидатского минимума.
- подготовка аспирантов к применению полученных знаний для решения задач современной измерительной техники.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП аспиранта

Курс предполагает наличие у аспирантов знаний основ метрологии и измерительной техники, курса общей физики и высшей математики в объеме вузовского курса. Знания и навыки, полученные аспирантами при изучении данного курса, необходимы при подготовке и написании диссертации по специальности 05.11.01 – Приборы и методы измерения. Дисциплина «Оптические системы в приборостроении» относится к дисциплинам по выбору аспиранта вариативной части учебного плана ООП по направлению подготовки 12.06.01 – «Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии», профилю 05.11.01 - Приборы и методы измерения.

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины А1.В.ДВ.2.1 Оптические системы в приборостроении

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО по данной специальности:

Коды компетенции	Наименование компетенции	Структурные элементы компетенции (в результате освоения дисциплины обучающийся должен знать, уметь, владеть)
1	2	3
ОПК-3	Владением методикой разработки математических и физических моделей исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере	<i>Знать:</i> теоретические основы фотоники, основные понятия, принципы и законы оптики, спектроскопии, квантовой теории, оптоэлектроники и нанoeлектроники.
		<i>Уметь:</i> применять в практической деятельности методы фотоники и квантовой оптики в связи со спецификой изучаемых процессов, явлений и объектов и поставленными задачами исследования.
		<i>Владеть:</i> методами выполнения измерений с использованием принципов, законов и современных устройств оптики, спектроскопии, оптоэлектроники и нанoeлектроники.
ОПК-4	Способностью планировать и проводить эксперименты, обрабатывать и анализировать их результаты	<i>Знать:</i> физические принципы и устройство оптических средств измерений физических величин
		<i>Уметь:</i> выбирать методы исследования, проводить эксперименты с использованием оптических средств измерений и алгоритмы обработки результатов измерений для решения измерительных задач
		<i>Владеть:</i> методами планирования и проведения научных исследований с использованием устройств фотоники.
ОПК-6	Способностью подготавливать научно-технические отчеты и публикаций по результатам выполненных исследований	<i>Знать:</i> принципы, законы современной оптики, спектроскопии, оптоэлектроники, оптической обработки информации
		<i>Уметь:</i> подготавливать научно-технические отчеты с использованием знаний об устройстве и принципах функционирования фотонных устройств.
		<i>Владеть:</i> навыками анализа и синтеза научной информации в области фотоники для создания публикаций по результатам выполненных исследований.
ПК-1	Способностью использовать методы и средства измерений для решения научных и производственных задач	<i>Знать:</i> методы и средства измерений в фотонике
		<i>Уметь:</i> выбирать методы и средства измерений фотоники для решения исследовательских задач.
		<i>Владеть:</i> навыками выполнения измерений с использованием методов и устройств фотоники.

Коды компетенции	Наименование компетенции	Структурные элементы компетенции (в результате освоения дисциплины обучающийся должен знать, уметь, владеть)
ПК-2	Способностью разрабатывать новые средства измерений и алгоритмы обработки результатов измерений	<i>Знать:</i> принципы, законы современной оптики, спектроскопии, оптоэлектроники, оптической обработки информации
		<i>Уметь:</i> разрабатывать новые оптические средства измерений
		<i>Владеть:</i> навыками обработки экспериментальных результатов в области фотоники.
ПК-3	Способностью разрабатывать новые технологии производства элементной базы фотоники, приборостроения и приборов биомедицинской оптики, медико-биологического и экологического назначения	<i>Знать:</i> принципы, законы, методы и технологию изготовления элементов и устройств фотоники
		<i>Уметь:</i> разрабатывать новые оптические элементы и устройства технического и медицинского назначения.
		<i>Владеть:</i> новыми технологиями производства элементной базы фотоники, приборостроения и приборов биомедицинской оптики.

#### 4. Структура и содержание дисциплины А1.В. ДВ.2.1 Оптические системы в приборостроении (очная форма обучения)

##### 4.1. Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

№ п/п	Наименование разделов и тем дисциплины (модуля)	Семестр	Недели семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)										Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра)				
				Аудиторная работа				Самостоятельная работа						Собеседование по лекц. курсу и практ. занятиям	Проверка отчетов по лаб. раб. и их защита	Проверка курсового проекта и его защита	Зачет	
				Всего	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Всего	Подготовка к практическим занятиям	Подготовка к лабораторным работам	Изучение разделов лекционного курса	Курсовой проект	Подготовка к тесту					Подготовка к экзамену
1.	Раздел 1. Введение. Свойства электромагнитного излучения.	1	1-2	4	2	2		8	4		4				2			
2.	Раздел 2 Квантовая оптика низкоразмерных систем		3-10	16	8	8		14	7		7				10			
3.	Раздел 3. Фотоника. Излучение, передача, обработка и прием оптических сигналов.		11-18	16	8	8		14	7		7				18			
	Подготовка к экзамену													36				
	Общая трудоемкость, в часах			36	18	18		36	18		18				Промежуточная аттестация			
														Форма экзамен	Семестр		1	

#### 4. Структура и содержание дисциплины А1.В.ДВ.2.1 Оптические системы в приборостроении (заочная форма обучения)

##### 4.1. Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

№ п/п	Наименование разделов и тем дисциплины (модуля)	Семестр	Недели семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)										Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра)				
				Аудиторная работа				Самостоятельная работа						Собеседование по лекц. курсу и практ. занятиям	Проверка отчетов по лаб. раб. и их защита	Проверка курсового проекта и его защита	Зачет	
				Всего	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Всего	Подготовка к практическим занятиям	Подготовка к лабораторным работам	Изучение разделов лекционного курса	Курсовой проект	Подготовка к тесту					Подготовка к экзамену
1.	Раздел 1. Введение. Свойства электромагнитного излучения.	1	1-2	3	3			21	10		11				2			
2.	Раздел 2 Квантовая оптика низкоразмерных систем		3-10	3	3			21	10		11				10			
3.	Раздел 3. Фотоника. Излучение, передача, обработка и прием оптических сигналов.		11-18	3	3			21	10		11				18			
	Подготовка к экзамену													36				
	Общая трудоемкость, в часах			9	9			63	30		33				Промежуточная аттестация			
														Форма экзамен	Семестр		1	

## 4.2. Содержание дисциплины

### Раздел 1. Введение

#### Тема 1.1. Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом. Оптические свойства полупроводников.

Оптические характеристики вещества. Комплексный показатель преломления. Показатель поглощения. Соотношения Крамерса-Кронига. Электронные состояния в полупроводниках и полупроводниковых твердых растворах. Виды оптических переходов в полупроводниках. Оптическое поглощение. Рекомбинационное излучение в полупроводниках. Квантовый выход люминесценции. Влияние температуры и уровня легирования на электролюминесценцию. Особенности инверсии населенностей в полупроводниках.

### Раздел 2. Квантовая оптика низкоразмерных систем

#### Тема 2.1. Полупроводники, наноструктуры и гетероструктуры.

Гетеропереходы в полупроводниках. Свойства гетеропереходов. Эффекты односторонней инжекции и сверхинжекции. Эффект широкозонного окна. Волноводный эффект. Фотоэлектрические эффекты в *p-n*-гетеропереходах и варизонных структурах. Квантоворазмерный эффект. Квантовые ямы, проволоки и точки. Эффект Зеемана. Эффект Франца-Келдыша. Эффект Штарка.

#### Тема 2.2 Газовые, твердотельные и жидкостные лазеры.

Общая характеристика и особенности газовых лазеров. Требования к материалам и методы накачки. Процессы в газовом разряде. Особенности устройства газоразрядных лазеров. Лазеры несоограниченных переходах. Атомарные газовые лазеры. Гелий - неоновый лазер. Лазер на парах меди. Ионные газовые лазеры. Аргонный лазер. Гелий - кадмиевый лазер. Молекулярные CO<sub>2</sub> - лазеры. Газодинамические лазеры. Азотный лазер. Экимерные лазеры. Химические и фотохимические лазеры. Общая характеристика и особенности твердотельных лазеров. Активные материалы. Требования к матрицам. Требования к активаторам. Рубиновый лазер. Лазеры на кристаллах и стеклах, активированных неодимом. Твердотельные перестраиваемые лазеры. Общая характеристика и особенности жидкостных лазеров. Активные материалы. Лазеры на органических красителях. Перестройка частоты жидкостных лазеров.

#### Тема 2.3. Светодиоды и полупроводниковые лазеры.

Принцип действия и особенности светодиодов. Эффективность светодиодов. Способы улучшения параметра оптического вывода излучения. Спектр излучения и яркость. Цветовые характеристики светодиодов. Конструкция и основные параметры светодиодов. Диаграмма направленности. Светодиоды для волоконно-оптических линий связи. Белые светодиоды. Виды полупроводниковых лазеров. Лазеры на двойных гетероструктурах. Основные характеристики полупроводниковых инжекционных лазеров. Пространственные и спектральные характеристики. Расчет пороговой плотности тока и выходной мощности. Вывод излучения и диаграмма направленности. Надежность инжекционных лазеров. Полосковые гетеролазеры. Лазеры с отдельным оптическим и электронным ограничением. Лазеры с использованием квантоворазмерного эффекта. Гетеролазеры с распределенной обратной связью. Перестраиваемые полупроводниковые ИК-лазеры. Мощные инжекционные лазеры.

#### Тема 2.4. Лазеры на гетеропереходе, квантовых ямах, проволоках, точках.

Лазеры на гомопереходе, гетеропереходе. Лазеры на квантовых ямах, проволоках и точках. Пороговая скорость накачки. Полупроводниковые каскадные лазеры на квантовых и проволоках.

### Раздел 3. Фотоника. Излучение, передача, обработка и прием оптических сигналов.

#### Тема 3.1. Фоторезисторы и фотодиоды, фототранзисторы и ПЗС.

Классификация и технические характеристики приемников оптического излучения. Полупроводниковые фотоприемники. Фоторезисторы. Параметры фоторезисторов. Спек-



тральные и вольт-амперные характеристики фоторезисторов. Инерционность фоторезисторов. Шумы и эквивалентная схема фоторезистора. Фотодиоды на основе р-п-переходов. Режимы работы фотодиода. Вольт-амперные, спектральные и частотные характеристики фотодиодов на основе р-п-переходов. Р-і-п- фотодиоды и их основные характеристики. Фотодиоды с барьером Шотки. Гетерофотодиоды. Лавинные фотодиоды. Лавинное умножение и коэффициенты ударной ионизации. Устройство лавинных фотодиодов и их основные характеристики. Лавинные фотодиоды на основе сверхрешеток. Частотные характеристики и шумы лавинных фотодиодов. Биполярный фототранзистор. Вольт-амперные, световые и частотные характеристики биполярного фототранзистора. Фототранзисторы с гетеропереходами. МДП фототранзисторы. Фототиристоры – принцип действия и основные характеристики. ПЗС фотоприемники и их характеристики.

### **Тема 3.2. Системы передачи оптического излучения. Волоконные световоды. Принципы интегральной оптики.**

Распространение света в оптическом волокне. Свойства оптических волокон. Распространение излучения в плоском оптическом волноводе. Основные уравнения передачи электромагнитного поля по световоду. Типы волн в световодах. Критические длины и частоты. Оптические потери в волоконных световодах. Дисперсия в волоконных световодах. Частотные и временные характеристики. Диаграмма излучения и поглощения энергии в световоде. Искажения сигналов. Модуляционно-частотные характеристики и полоса пропускания волоконных световодов. Световоды на основе квантовых проволок, углеродных нанотрубок.

### **Тема 3.3. Оптическая память и системы визуального отображения информации. Оптическая обработка информации.**

Оптическая память. Оптическая обработка информации. Процессор на основе оптически управляемого транспаранта. Когерентный оптический процессор: принцип распознавания образов.

### **Тема 3.4. Фотоннокристаллические волокна.**

Общие представления о фотонных кристаллах и их свойствах. Особенности конструкции, преимущества. Свойства и применение фотоннокристаллических волокон. Сборка заготовки для вытяжки фотонно-кристаллического волокна. Заготовки для фотоннокристаллических волокон с поллой и сплошной сердцевиной. Изготовление фотоннокристаллического волокна из сплошного стеклянного блока. Вытяжка фотоннокристаллического волокна. Метаматериалы в фотонике.

## **3.3. Особенности организации изучения дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

Организация изучения дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

1. ст.79, 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»

2. Раздел IV, п.п. 46-51 приказа Минобрнауки России от 19.11.2013 № 1259 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)»

3. Методические рекомендации по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А.Климовым от 08.04.2014 г. № АК-44/05 вн)

#### **4. Образовательные технологии**

В ходе освоения дисциплины «Оптические системы в приборостроении» при проведении аудиторных занятий используются следующие образовательные технологии:

1. Технология развития критического мышления реализуется в ходе проведения следующих видов учебной работы:

1.1. *Проблемные лекции*, которые предполагают диалоговый тип лекционного преподавания, предметом которого выступает вводимый лектором материал и система познавательных задач, отражающих основное содержание темы. В виде проблемных лекций реализуется темы 2.1 -2.4, 3.1 - 3.4.

1.2. *Семинары-круглые столы*, в ходе которых происходит групповое обсуждение аспирантами учебной проблемы под руководством преподавателя. В ходе проведения круглого стола аспиранты приобретают навыки устного изложения заранее подготовленного материала, умение выслушивать коллег-сокурсников, делать заключения. В виде семинаров-круглых столов реализуются темы 1.1, 2.3, 2.4,3.1.

1.3. *Семинары-дискуссии*, в ходе которых обсуждается проблемная ситуация, поставленная преподавателем, а аспиранты защищают различные точки зрения на поставленную проблему. В ходе проведения дискуссии аспиранты приобретают умение излагать и аргументировано отстаивать точку зрения, обоснованно критиковать оппонентов, сопоставлять различные подходы к решению проблемной ситуации, делать выводы. В виде семинаров-дискуссий реализуются темы 2.1, 2.2, 3.2.

2. Медиатехнология реализуется в ходе проведения следующих видов учебной работы:

2.1. *Проблемные лекции*, в ходе которых используются презентации, видеофрагменты, изображающие физические модели, методы получения наноструктур, схемы устройств, основные этапы вычислений, графическое представление результатов исследований. В виде проблемных лекций с использованием медиатехнологий реализуется темы 2.1 -2.4, 3.1 - 3.4.

2.2. *Семинары-круглые столы*, в ходе которых аспиранты делают краткие сообщения по рассматриваемой проблематике с использованием презентации. В результате использования этой технологии аспиранты учатся лаконично и четко представлять информацию в аудитории. В виде семинаров-круглых столов с использованием медиатехнологий реализуются темы 2.1,2.4, 3.1, 3.3, 3.4.

При организации самостоятельной работы используются следующие технологии:

1. Технология систематизации имеющейся информации (работа с конспектом лекции для подготовки к экзамену; темы 1.1 – 3.4)

2. Технология поиска и сбора новой информации (работа на компьютере с целью поиска информации в базах данных, работа с учебной, справочной и научной литературой с целью подготовки к семинарам: темы 1.1 – 3.4);

3. Технология анализа и представления новой информации (работа по подготовке устных сообщений на семинарах-круглых столах (темы 1.1, 2.3, 2.4,3.1), по подготовке для выступлений презентациями на семинарах-дискуссиях (темы 2.1, 2.2, 3.2), по подготовке к экзамену).

В целях реализации индивидуального подхода к обучению аспирантов, осуществляющих учебный процесс по собственной траектории в рамках индивидуального рабочего плана, изучение данной дисциплины базируется на следующих возможностях: обеспечение внеаудиторной работы с аспирантами, в том числе в электронной образовательной среде с использованием соответствующего программного оборудования, дистанционных форм обучения, возможностей интернет-ресурсов, индивидуальных консультаций.

#### **5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов**

##### **5.1. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости:**

*Виды самостоятельной работы по темам: темы 1.1. - 3.4 Подготовка к семинару-круглому столу (4 часа). Подготовка к экзамену (4 часа).*

## **5.2. Контрольные работы и промежуточное тестирование**

Не предусмотрены.

## **5.3. Поддержка самостоятельной работы:**

Литература и источники для обязательного прочтения. Регулярные консультации. Интернет-ресурсы: Базы данных: ELSEVIER –ScinceDirect; EBSCO–Host; Scopus ; Pro-Quest; LexisNexis; ELIBRARY.RU; SpringerLink; OXFORD-Reference

## **5.4. Тематика рефератов**

Не предусмотрены.

## **5.5. Промежуточный контроль**

*Вопросы к экзамену:*

1. Оптические характеристики вещества. Комплексный показатель преломления. Показатель поглощения. Соотношения Крамерса-Кронига.
2. Электронные состояния в полупроводниках и полупроводниковых твердых растворах.
3. Виды оптических переходов в полупроводниках. Оптическое поглощение.
4. Рекомбинационное излучение в полупроводниках. Квантовый выход люминесценции.
5. Влияние температуры и уровня легирования на электролюминесценцию. Особенности инверсии населенностей в полупроводниках.
6. Гетеропереходы в полупроводниках. Свойства гетеропереходов. Эффекты односторонней инжекции и сверхинжекции. Эффект широкозонного окна. Волноводный эффект.
7. Фотоэлектрические эффекты в *p-n*-гетеропереходах и варизонных структурах.
8. Квантоворазмерный эффект. Квантовые ямы, проволоки и точки. Эффект Зеемана.
9. Квантоворазмерный эффект. Квантовые ямы, проволоки и точки. Эффект Франца-Келдыша. Эффект Штарка.
10. Общая характеристика и особенности газовых лазеров. Особенности устройства газоразрядных лазеров. Лазеры несоограниченных переходах. Атомарные газовые лазеры. Ионные газовые лазеры. Молекулярные CO<sub>2</sub> - лазеры. Газодинамические лазеры. Азотный лазер. Эксимерные лазеры.
11. Общая характеристика и особенности твердотельных лазеров. Активные материалы. Твердотельные перестраиваемые лазеры.
12. Общая характеристика и особенности жидкостных лазеров. Активные материалы. Лазеры на органических красителях. Перестройка частоты жидкостных лазеров.
13. Лазеры на гомопереходе, гетеропереходе.
14. Лазеры на квантовых ямах, проволоках и точках. Пороговая скорость накачки.
15. Полупроводниковые каскадные лазеры на квантовых и проволоках.
16. Принцип действия и особенности светодиодов. Эффективность светодиодов. Способы улучшения параметра оптического вывода излучения. Спектр излучения и яркость. Цветовые характеристики светодиодов Конструкция и основные параметры светодиодов. Диаграмма направленности.
17. Светодиоды для волоконно-оптических линий связи. Белые светодиоды.
18. Виды полупроводниковых лазеров. Лазеры на двойных гетероструктурах. Основные характеристики полупроводниковых инжекционных лазеров. Пространственные и спектральные характеристики. Расчет пороговой плотности тока и выходной мощности. Вывод излучения и диаграмма направленности. Надежность инжекционных лазеров.
19. Полосковые гетеролазеры. Лазеры с отдельным оптическим и электронным ограничением. Лазеры с использованием квантоворазмерного эффекта. Гетеролазеры с рас-

- пределенной обратной связью. Перестраиваемые полупроводниковые ИК-лазеры. Мощные инжекционные лазеры.
20. Классификация и технические характеристики приемников оптического излучения. Полупроводниковые фотоприемники.
  21. Фоторезисторы. Параметры фоторезисторов. Спектральные и вольт-амперные характеристики фоторезисторов.
  22. Фотодиоды на основе р-п-переходов. Режимы работы фотодиода. Вольт-амперные, спектральные и частотные характеристики фотодиодов на основе р-п-переходов.
  23. Р-і-п- фотодиоды и их основные характеристики. Фотодиоды с барьером Шоттки. Гетерофотодиоды.
  24. Лавинные фотодиоды. Лавинное умножение и коэффициенты ударной ионизации. Устройство лавинных фотодиодов и их основные характеристики. Лавинные фотодиоды на основе сверхрешеток.
  25. Биполярный фототранзистор. Вольт-амперные, световые и частотные характеристики биполярного фототранзистора. Фототранзисторы с гетеропереходами. МДП фототранзисторы.
  26. Фототиристоры – принцип действия и основные характеристики.
  27. ПЗС фотоприемники и их характеристики.
  28. Распространение света в оптическом волокне. Свойства оптических волокон. Распространение излучения в плоском оптическом волноводе.
  29. Основные уравнения передачи электромагнитного поля по световоду. Типы волн в световодах. Критические длины и частоты.
  30. Оптические потери в волоконных световодах. Дисперсия в волоконных световодах. Частотные и временные характеристики. Диаграмма излучения и поглощения энергии в световоде. Искажения сигналов.
  31. Модуляционно-частотные характеристики и полоса пропускания волоконных световодов.
  32. Световоды на основе квантовых проволок, углеродных нанотрубок.
  33. Оптическая память. Оптическая обработка информации. Процессор на основе оптически управляемого транспаранта.
  34. Когерентный оптический процессор: принцип распознавания образов.
  35. Общие представления о фотонных кристаллах и их свойствах. Особенности конструкции, преимущества. Свойства и применение фотоннокристаллических волокон.
  36. Сборка заготовки для вытяжки фотонно-кристаллического волокна. Заготовки для фотоннокристаллических волокон с полый и сплошной сердцевиной.
  37. Изготовление фотоннокристаллического волокна из сплошного стеклянного блока. Вытяжка фотоннокристаллического волокна.
  38. Метаматериалы в фотонике.

## **6. Рекомендуемая литература**

### **6.1. Основная литература**

1. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теоретическая физика: Квантовая механика (нерелятивистская теория) т. 3. – М.: Физматлит, 2002.
2. Давыдов А. С.. Квантовая механика. – М.: Физматгиз, 1973.
3. Павлов П. В., Хохлов А. Ф. Физика твердого тела. – М.: Высшая школа, 2000.
4. Шалимова К. В. Физика полупроводников. – М.: Мир, 1985.
5. Киреев П. С. Физика полупроводников. – М.: Наука, 1975.
6. Скалли М. О., Зубайри М. С. Квантовая оптика: Пер. с англ. / Под ред. В. В.Самарцева. — М.: Физматлит, 2003.
7. Игнатов А.Н. Оптоэлектроника и нанофотоника / А.Н. Игнатов. М.: Лань., 2011.
8. Астапенко В.А. Введение в фемтонанофотонику: учеб. пособие / В.А. Астапенко. –М.: МФТИ. -2009.

9. Новотный Л. Основы нанооптики / Л. Новотный, Б. Хехт. М.: ФИЗМАТЛИТ, - 2011.
10. Ларкин А.И. Когерентная фотоника / А.И. Ларкин, Ф.Т.С. Юу. –М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, -2012.
11. Воробьев Л. Е., Данилов С. Н., Зегря Г. Г. и др. Фотоэлектрические явления в полупроводниках и квантово-размерных структурах. – С. – Петербург: Наука, 2001.

## 6.2 Дополнительная литература

1. Левич В. Г. Курс теоретической физики. т. 2. – М.: Физматгиз, 1968.
2. Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твердого тела. – М.: Мир, 1979.
3. Блейкмор Дж. Физика твердого тела. – М.: Мир, 1988.
4. Поплавко Ю. М. Физика диэлектриков. – Киев, 1980.
5. Алферов Ж. И. История и будущее полупроводниковых гетероструктур (обзор) //ФТП – 1998. – т. 32. – №1. – С. 3 – 18.
6. Берт Н. А., Гуревич С. А. и др. Создание и исследование оптических свойств квантовых проволок *InGaAs/GaAs* // ФТП – 1994. – т. 28. – №9. – С. 1605 – 1612.
7. Гапоненко С. В. Оптические процессы в полупроводниковых нанокристаллитах (квантовых точках) (обзор). // ФТП – 1996. – т. 30. – №4. – С. 577 – 619.
8. Молекулярно-лучевая эпитаксия и гетероструктуры.: Пер. с англ. под ред. акад. Ж. И. Алферова, д. ф.-м. н., проф. Ю. В. Шмарцева / Под ред. Л. Ченга и К. Плога – М.: Мир, 1989.
9. Белявский В.И., Померанцев Ю.А. Фотоионизация глубоких примесных центров в структурах с квантовыми ямами.// ФТП.– 1999. – т. 33. – № 4. – С. 451 – 455.
10. Звелто О. Принципы лазеров. / О. Звелто. -М.: Мир. -1990. -400 с.
11. Ярив А. Введение в оптическую электронику / А. Ярив. -М.: Высш. шк., -1983. - 398 с.
12. Рябов С.Г. Приборы квантовой электроники / С.Г. Рябов, Г.Н. Торопкин, И.Ф. Усольцев. -М.: Радио и связь, -1985. -280 с.
13. Носов Ю.Р. Оптоэлектроника / Ю.Р. Носов. -М.: Радио и связь, -1989. -360 с.
14. Суэмацу Я. Основы оптоэлектроники / Я. Суэмацу Я. С. Катаока С. -М.: Мир, - 1988. - 288 с.
15. Хансперджер Р. Интегральная оптика / Р. Хансперджер. -М.: Мир, -1985. -384 с.
16. Кейси Х. Лазеры на гетероструктурах / Х. Кейси, М. Паниш. -М.: Мир, -1981 -Т.1 -299 с., -Т.2 -364 с.
17. Елесин В. Ф. Кинетическая теория полупроводникового каскадного лазера на квантовых ямах и проволоках // В. Ф Елесин., А. В. Крашенинников // ЖЭТФ.–1997.–т.11.–вып. 2.–С.681 – 695.
18. Леденцов Н.Н., Устинов В.М., Щукин В.А., Копьев П.С., Алферов Ж.И., Бимберг Д. Гетероструктуры с квантовыми точками: получение, свойства, лазеры // ФТП .– 1998. – т. 32. – № 4. – С. 385 – 410.

## 6.3 Интернет-ресурсы

Интернет-ресурсы образовательных порталов (механико-математический факультет, физический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова и т. д.), пакеты прикладных математических программ.

## 7. Материально-техническое обеспечение дисциплины «Оптические системы в приборостроении»

Для освоения данной дисциплины необходимы:

- мультимедийные средства обучения (компьютер и проектор; ресурсы Интернета);
- электронные презентации по теме курса. Для подготовки материала к занятиям требуется программный пакет MS Office 2003 и выше, прикладные математические программы Mathcad 14, Mathematics 5.0, Maple 9.0 и выше.

**Сведения о переутверждении программы на очередной учебный год  
и регистрации изменений**

Учебный год	Решение кафедры (№ протокола, дата, подпись зав. кафедрой)	Внесенные изменения	Номера листов (страниц)		
			заменен- ных	новых	аннулиро- ванных
2015/16	Рр. №1 от 2.09.15	без изменений			
2016/17	Рр. №1 от 9.09.16	без изменений			
2017/18	Рр. №1 от 14.09.17				