

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
Политехнический институт
Факультет приборостроения, информационных технологий и электроники



«УТВЕРЖДАЮ»

Директор ПИ

Д. В. Артамонов

Ортамонов 2014г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ФОТОНИКА В ПРИБОРОСТРОЕНИИ ФТД.1.4

Направление подготовки: **03.06.01** — «Физика и астрономия»

Направленность (профиль) Физика полупроводников

Квалификация: **Исследователь. Преподаватель-исследователь**

Форма обучения: **очная**

Пенза – 2014

Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению 03.06.01 — «Физика и астрономия» подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (уровень подготовки кадров высшей квалификации)

Программу составил:

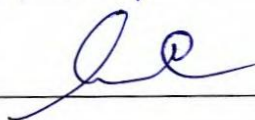
Грунин А. Б., д. ф.-м. н., профессор



Программа обсуждена на заседании кафедры «Физика»

Протокол № 1.1 от « 1 » октября 2014 года

Зав. кафедрой



Семенов М. Б.

Программа согласована с деканом факультета ФПИТЭ

Декан факультета



Кревчик В. Д.

Программа одобрена методической комиссией факультета ФПИТЭ

Протокол № 1 от « 1 » октября 2014 года

Председатель методической комиссии факультета ФПИТЭ



Задера А. В.

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

1. Цели и задачи дисциплины, ее место в системе подготовки аспиранта, требования к уровню освоения содержания дисциплины

1.1. Цели и задачи изучения 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.

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.

1.2. Место дисциплины в структуре ООП аспиранта

Дисциплина «Фотоника в приборостроении» относится к модулю «Факультативы» учебного плана ООП по направлению подготовки 03.06.01. – Физика и астрономия, профилю – Физика полупроводников.

Научно-исследовательская работа аспиранта осуществляется в каждом семестре всего периода обучения.

1.3.Связь с предшествующими и последующими дисциплинами

Курс предполагает наличие у аспирантов знаний по курсам «Методы и средства информатики и вычислительной техники в современных научных исследованиях», «Основы полупроводниковой наноэлектроники», «Физические основы оптики полупроводниковых наноструктур». Знания и навыки, полученные аспирантами при изучении данного курса, могут быть применены при подготовке и написании диссертации по специальности – Физика полупроводников.

2. Компетенции аспиранта, формируемые в результате освоения дисциплины

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО по данному направлению подготовки:

Коды компетенции	Наименование компетенции	Структурные элементы компетенции (в результате освоения дисциплины обучающийся должен знать, уметь, владеть)
1	2	3
ПК-6	Способность использовать в теоретических и экспериментальных исследованиях достижения современной квантовой теории, а также разрабатывать и применять современные перспективные приборы наноэлектроники и фотоники.	Знать: современные теоретические и экспериментальные методы оптики и фотоники и основные эффекты, возникающие в системах фотоники.
		Уметь: планировать и осуществлять исследования объектов фотоники; использовать математический аппарат теории квантовой оптики при моделировании и разработке систем фотоники
		Владеть: навыками работы с современной аппаратурой.
ПК-7	Способность свободно владеть фундаментальными разделами квантовой физики, необходимыми для решения научно-исследовательских задач.	Знать: основные принципы, законы и методы квантовой физики, оптики и фотоники.
		Уметь: использовать принципы, законы и методы квантовой физики, оптики и фотоники для решения научно-исследовательских задач.
		Владеть: современными методами исследования квантовой физики, оптики и фотоники.
ПК-8	Способность использовать знания современной квантовой теории для решения прикладных задач физики низкоразмерных систем.	Знать: физическую сущность технологии получения и процессов, протекающих в низкоразмерных системах, применяемых в наноэлектронике и фотонике.
		Уметь: применять законы квантовой теории и методы физики низкоразмерных систем для реализации потенциальных возможностей материалов при проектировании и создании систем фотоники и наноэлектроники.
		Владеть: основными методами проектирования и построения оптоэлектронных систем и приборов фотоники и наноэлектроники.

3. Структура и содержание дисциплины «Фотоника в приборостроении»

3.1. Структура дисциплины «Фотоника в приборостроении»

Общая трудоемкость дисциплины 2 зачетные единицы, 72 часов, в т.ч. 54 часа подготовки к зачету.

№ 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 (неделя)	
				Аудиторная работа			Самостоятельная Работа				
				Всего	Лекция	Практические занятия	Всего	Подготовка к семинару	Подготовка к зачету		Оценка работы на семинаре
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
	Раздел 1. Введение										
	Тема 1.1 Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом. Оптические свойства полупроводников.	7	1-2	2	2		6		6		2
	Раздел 2. Квантовая оптика низкоразмерных систем										
	Тема 2.1. Полупроводники, наноструктуры и гетероструктуры.	7	3-4	2	2		6		6		4
	Тема 2.2. Газовые, твердотельные и жидкостные лазеры.	7	5-6	2	2		6		6		6
	Тема 2.3. Светодиоды и полупроводниковые лазеры.	7	7-8	2	2		6		6		8
	Тема 2.4 Лазеры на гетеропереходе, квантовых ямах, проволоках, точках.	7	9-10	2	2		6		6		10
	Раздел 3. Фотоника. Излучение, передача, обработка и прием										

оптических сигналов.									
Тема 3.1. Фоторезисторы и фотодиоды, фототранзисторы и ПЗС		11-12	2	2		6		6	12
Тема 3.2. Системы передачи оптического излучения. Волоконные световоды. Принципы интегральной оптики.	7	13-14	2	2		6		6	14
Тема 3.3. Оптическая память и системы визуального отображения информации. Оптическая обработка информации.	7	15-16	2	2		6		6	16
Тема 3.4. Фотоннокристаллические волокна.	7	17-18	2	2		6		6	17
Общая трудоемкость, в часах			18	18	–	54	–	54	Пром. аттест.
									Форма
									Зач
									Экз

3.2. Содержание дисциплины (Фотоника в приборостроении)

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 несовершенных переходов. Атомарные газовые лазеры. Гелий - неоновый лазер. Лазер на парах меди. Ионные газовые лазеры. Аргоновый лазер. Гелий - кадмиевый лазер. Молекулярные CO₂ - лазеры. Газодинамические лазеры. Азотный лазер. Эксимерные 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. Спектральные и вольт-амперные характеристики фоторезисторов. Инерционность фоторезисторов. Шумы и эквивалентная схема фоторезистора. Фотодиоды на основе p-n-переходов. Режимы работы фотодиода. Вольт-амперные, спектральные и частотные характеристики фотодиодов на основе p-n-переходов. P-i-n-фотодиоды и их основные характеристики. Фотодиоды с барьером Шоттки. 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 фотоннокристаллического волокна. Заготовки для фотоннокристаллических волокон с полый 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 оснащенности 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 «Фотоника 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, видео-фрагменты, 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 ; ProQuest; LexisNexis; ELIBRARY.RU; SpringerLink; OXFORD-Reference

5.4. Тематика рефератов

Не предусмотрены.

5.5. Промежуточный контроль

Вопросы к зачету:

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 CO₂ - 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 распределенной 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 p-n-переходов. Режимы работы фотодиода. Вольт-амперные, спектральные и частотные характеристики фотодиодов на основе p-n-переходов.
23. Р-і-n- фотодиоды и их основные характеристики. Фотодиоды с барьером Шотки. 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. Фототранзисторы – 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 поллой 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. Абрамочкин Е. Г. Современная оптика гауссовых пучков: учеб. пособие / Е.Г. Абрамочкин, В.Г. Волостников. — Москва: Физматлит, 2010. — 182 с. <https://e.lanbook.com/book/48281>
2. Акципетров О. А. Нелинейная оптика кремния и кремниевых наноструктур: монография / О.А. Акципетров, И.М. Баранова, К.Н. Евтюхов. — Москва: Физматлит, 2012. — 544 с. <https://e.lanbook.com/book/5255>
3. Багдоев А. Г. Линейные и нелинейные волны в диспергирующих сплошных средах: учеб. пособие / А.Г. Багдоев, В.И. Ерофеев, А.В. Шекоян. — Москва: Физматлит, 2009. — 320 с. <https://e.lanbook.com/book/2665>
4. Барыбин А. А. Электродинамика волноведущих структур. Теория возбуждения и связи волн — Москва: Физматлит, 2007. — 512 с. <https://e.lanbook.com/book/2106>
5. Батенин В. М. Лазеры на самоограниченных переходах атомов металлов — 2. Т.1: учеб. пособие / В.М. Батенин, А.М. Бойченко, В.В. Бучанов. — Москва: Физматлит, 2009. — 544 с. <https://e.lanbook.com/book/2668>
6. Батенин В. М. Лазеры на самоограниченных переходах атомов металлов — 2. Т.2: учеб. пособие / В.М. Батенин, А.М. Бойченко, В.В. Бучанов. — Москва: Физматлит, 2011. — 616 с. <https://e.lanbook.com/book/2669>

7. Дифракционная оптика и нанофотоника / Е.А. Безус и др. — Москва: Физматлит, 2014. — 608 с. <https://e.lanbook.com/book/71979>
8. Быков В. П. Лазерная электродинамика: учеб. пособие — Москва: Физматлит, 2006. — 378 с. <https://e.lanbook.com/book/48242>
9. Быков В. П. Лазерные резонаторы: учеб. пособие / В.П. Быков, О.О. Силичев. — Москва Физматлит, 2004. — 320 с. <https://e.lanbook.com/book/2674>
10. Дифракционная нанофотоника: учеб. пособие / А.В. Гаврилов и др. — Москва: Физматлит, 2011. — 680 с. <https://e.lanbook.com/book/5296>
11. Гончаренко А. М. Оптические гауссовы пучки и солитоны: монография — Минск: 2011. — 125 с. <https://e.lanbook.com/book/90316>
12. Городецкий, М.Л. Оптические микрорезонаторы с гигантской добротностью: монография — Москва: Физматлит, 2011. — 416 с. <https://e.lanbook.com/book/2733>
13. Климов В. В. Наноплазмоника — Москва: Физматлит, 2010. — 480 с. <https://e.lanbook.com/book/2204>
14. Крюков П. Г. Фемтосекундные импульсы. Введение в новую область лазерной физики — Москва: Физматлит, 2008. — 208 с. <https://e.lanbook.com/book/2218>
15. Кульчин Ю. Н. Современная оптика и фотоника нано- и микросистем — Москва: Физматлит, 2015. — 488 с. <https://e.lanbook.com/book/72018>
16. Кульчин Ю. Н. Современная оптика и фотоника нано- и микросистем — Москва: Физматлит, 2016. — 440 с. <https://e.lanbook.com/book/91158>
17. Розанов Н. Н. Диссипативные оптические солитоны. От микро- к нано- и атто- : учеб. пособие — Москва: Физматлит, 2011. — 536 с. <https://e.lanbook.com/book/5289>
18. Байков Ю. А. Квантовая механика: учеб. пособие / Ю.А. Байков, В.М. Кузнецов. — Москва: Издательство "Лаборатория знаний", 2015. — 294 с. — <https://e.lanbook.com/book/70719>
19. Белинский А. В. Квантовые измерения: учеб. пособие — Москва: Издательство "Лаборатория знаний", 2015. — 185 с. <https://e.lanbook.com/book/66337>
20. Ландау Л. Д. Теоретическая физика Т.3. Квантовая механика (нерелятивистская теория) / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. — Москва: Физматлит, 2001. — 808 с. <https://e.lanbook.com/book/2380>

21. Тимофеев В. Б. Оптическая спектроскопия объемных полупроводников и наноструктур: учеб. пособие — Санкт-Петербург: Лань, 2015. — 512 с. <https://e.lanbook.com/book/56612>
22. Ансельм А. И. Введение в теорию полупроводников : учебное пособие. - 3-е изд., стер. - СПб.: Лань, 2016. - 624 с. <https://e.lanbook.com/book/71742> (20 экз)
23. Байков, Ю.А. Физика конденсированного состояния: учеб. пособие / Ю.А. Байков, В.М. Кузнецов. — Москва: Издательство "Лаборатория знаний", 2015. — 296 с. <https://e.lanbook.com/book/70766>
24. Епифанов, Г.И. Физика твердого тела: учеб. пособие — Санкт-Петербург: Лань, 2011. — 288 с. <https://e.lanbook.com/book/2023>
25. Зегря Г.Г. Основы физики полупроводников: учеб. пособие / Г.Г. Зегря, В.И. Перель.— Москва: Физматлит, 2009. — 336 с. <https://e.lanbook.com/book/2371>
26. Перлин Е.Ю. Физика твердого тела. Оптика полупроводников, диэлектриков, металлов: учеб. пособие / Е.Ю. Перлин, Т.А. Вартамян, А.В. Федоров. — Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 2008. — 216 с. <https://e.lanbook.com/book/43431>
27. Шалимова К.В. Физика полупроводников: учеб. — Санкт-Петербург: Лань, 2010. — 384 с. <https://e.lanbook.com/book/648>
28. Гинзбург И. Ф. Введение в физику твердого тела. Основы квантовой механики и статистической физики с отдельными задачами физики твердого тела: учебное пособие / И. Ф. Гинзбург. - СПб. : Лань, 2007. - 544 с. (20 экз)
29. Грунин А. Б. Магнитооптические эффекты в многоямных квантовых структурах с примесными центрами атомного типа : учебное пособие / под ред. В. Д. Кревчика ; Пенз. гос. ун-т. - Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2008. - 124 с. (70 экз)
30. Перлин Е.Ю. Физика твердого тела. Оптика полупроводников, диэлектриков, металлов: учеб. пособие / Е.Ю. Перлин, Т.А. Вартамян, А.В. Федоров. — Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 2008. — 216 с. <https://e.lanbook.com/book/43431>

6.2 Дополнительная литература

1. Алферов Ж. И. История и будущее полупроводниковых гетероструктур (обзор) //ФТП – 1998. – т. 32. – №1. – С. 3 – 18.
2. 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.

3. Гапоненко С. В. Оптические процессы в полупроводниковых нанокристаллитах (квантовых точках) (обзор). // ФТП – 1996. – т. 30. – №4. – С. 577 – 619.
4. Белявский В.И., Померанцев Ю.А. Фотоионизация глубоких примесных центров в структурах с квантовыми ямами.// ФТП.– 1999. – т. 33. – № 4. – С. 451 – 455.
5. 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.
6. 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, www.elibrary.ru, www.jetp.ac.ru/cgi-bin/r/index, www.journals.ioffe.ru

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины «Фотоника 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)		
			замененных	новых	аннулированных
2015/16	пр. № 1 2.09.15 <i>de</i>				
2016/17	пр. № 1 9.09.16 <i>de</i>				
2017/18	пр. № 1 14.09.17 <i>de</i>				