

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Кафедра «Приборостроение»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине

«Б1.В.ДВ1.1 Оптоэлектроника»

направление подготовки

11.06.01 – «Электроника, радиотехника и системы связи»

(Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и нано-электроника, приборы на квантовых эффектах)

Квалификация «Исследователь. Преподаватель-исследователь»

форма обучения – очная

курс - 3

семестр - 5

зачетных единиц - 3

часов в неделю - 4

в том числе:

лекций - 18

практические занятия - 18

самостоятельная работа - 72

экзамен- 5 семестр

Всего часов - 108

Саратов, 2015

1. Цели и задачи дисциплины

Цель преподавания дисциплины Б1.В.ДВ1.1 «Оптоэлектроника» — формирование у аспирантов комплекса знаний, умений и навыков, необходимых при решении теоретических и практических задач, возникающих в научно-практическом направлении, сформированном на стыке трех наук - физики твердого тела, оптики и микроэлектроники, а также формирование профессиональных компетенций в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом и приобретение навыков и умений научно-исследовательской деятельности.

Задачей изучения дисциплины является усвоение аспирантами основных принципов физических явлений и закономерностей, положенных в основу работы различных приборов и устройств интегральной оптики, ознакомление с их конструкциями, технологией изготовления и областями применения.

Система обучения по дисциплине Б1.В.ДВ1.1 «Оптоэлектроника» объединяет лекции, практические занятия и самостоятельную работу аспирантов под непрерывным контролем со стороны преподавателя процесса усвоения материала по дисциплине в течение всего периода изучения дисциплины.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Учебная дисциплина Б1.В.ДВ1.1 «Оптоэлектроника» входит в вариативную часть Блока 1 учебного плана подготовки аспиранта по направлению 11.06.01 «ЭЛЕКТРОНИКА, РАДИОТЕХНИКА И СИСТЕМЫ СВЯЗИ».

Для успешного усвоения дисциплины Б1.В.ДВ1.1 «Оптоэлектроника» аспирант должен обладать базовыми знаниями в таких областях физики, как электричество и магнетизм, оптика и основы квантовой теории, физике конденсированного состояния, физике кристаллов; в таких областях высшей математики, как векторный анализ, дифференциальное и интегральное исчисление; в области информационных технологий; в области философии.

Приобретаемые в ходе обучения по дисциплине Б1.В.ДВ1.1 «Оптоэлектроника» компетенции будут полезны при прохождении Б2.1 Педагогической практики, а также Б3.1.6-Б3.1.8 Научно-исследовательской деятельности.

Полученные при прохождении дисциплины Б1.В.ДВ1.1 «Оптоэлектроника» знания, умения, навыки и компетенции необходимы для успешной подготовки диссертационной работы по направлению подготовки 11.06.01 – «Электроника, радиотехника и системы связи».

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение дисциплины направлено на формирование следующих общепрофессиональных и профессиональных компетенций:

владению методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности (ОПК-1);

готовности к проведению научно-исследовательских работ в области разработки и исследования новых и совершенствования традиционных приборов твердотельной электроники, радиоэлектронных компонентов, изделий микро- и нанoeлектроники, приборов на квантовых эффектах, включая оптоэлектронные приборы и преобразователи физических величин (сенсоры) (ПК-1);

способности выполнять разработку и исследование схемотехнических и конструктивных основ создания и методов совершенствования изделий микро- и нанoeлектроники (ПК-2);

способности выполнять разработку и исследование технологических основ создания и методов совершенствования изделий микро- и нанoeлектроники (ПК-3);

готовности к выполнению работ по исследованию и моделированию функциональных и эксплуатационных характеристик изделий микро- и нанoeлектроники, включая вопросы качества, долговечности, надежности и стойкости к внешним воздействующим факторам, а также вопросы эффективного применения (ПК-4).

В результате изучения дисциплины аспирант должен знать:

физические основы процессов взаимодействия оптического излучения с веществом; принцип действия, конструктивно-технологические особенности приборов и устройств квантовой электроники и оптоэлектроники; физические процессы, протекающие в полупроводниковых структурах и приборах интегральной оптоэлектроники; предельные электрические характеристики и области применения приборов интегральной оптоэлектроники; физико-топологические и электрические модели элементов и приборов интегральной оптоэлектроники.

Методы и схемы измерений электрических параметров элементов и приборов интегральной оптоэлектроники; основные физико-химические закономерности, лежащие в основе конкретного технологического процесса изготовления изделий микро- и нанoeлектроники; статические и динамические параметры активных элементов интегральных оптоэлектронных схем; методы и схемы измерений электрических параметров элементов и приборов интегральной оптоэлектроники.

В результате изучения дисциплины аспирант должен уметь:

рассчитывать основные параметры приборов квантовой электроники и оптоэлектроники; измерять и оценивать основные характеристики и параметры приборов квантовой электроники и оптоэлектроники.

Разрабатывать интегральные оптоэлектронные системы обработки информации и технологию их изготовления; использовать физико-топологические и электрические модели элементов интегральной

оптоэлектроники; применять методы и схемы измерений электрических параметров приборов интегральной оптоэлектроники; характеризовать качество проведенного технологического процесса; выбирать наиболее эффективные и экономичные способы изготовления активных элементов интегральной оптоэлектроники.

Характеризовать причины, приводящие к изменению электрических параметров элементов интегральной оптоэлектроники при изменении внешних условий; характеризовать влияние топологии и технологического процесса изготовления на параметры элементов интегральной оптоэлектроники; анализировать технико-экономические характеристики базовых технологических процессов; использовать преимущества и ограничения существующих технологических процессов изготовления элементов интегральной оптоэлектроники;

В результате изучения дисциплины аспирант должен владеть:

анализом технологических процессов по результатам измерений тестовых структур; расчетом параметров элементов интегральной оптоэлектроники; методиками измерения характеристик и параметров элементов интегральной оптоэлектроники.

4. Распределение трудоемкости (час) дисциплины по темам и видам занятий:

№ Мо-ду-ля	№ Неде-Ли	№ Те-мы	Наименование темы	Часы					
				Всего	Лек-ции	Коллок-виумы	Лабора-торные	Прак-тичес-кие	СРС
1	2	3	4	5	6	7		8	9
5 семестр									
1	1	1	Современная оптоэлектроника	12	2			2	8
1	2-3	2	Источники света. Светоизлучающие диоды. Лазерные диоды	12	2			2	8
1	4-5	3	Волноводы	12	2			2	8
1	6-7	4	Потери в волноводах	12	2			2	8
1	8	5	Дисперсия импульсов в волноводах	12	2			2	8
1	9-10	6	Фотоприёмники	12	2			2	8
1	11	7	Оптроны	12	2			2	8
1	12-13	8	ВОСП	12	2			2	8
1	13-14	9	Электрооптические модуляторы	12	2			2	8
Всего				108	18			18	72

5. Содержание лекционного курса

№ темы	Всего часов	№ лекции	Тема лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4	5
1	2	1	<i>Современная оптоэлектроника.</i> Определение оптоэлектроники. Её место в научно-техническом прогрессе. Отличительные особенности оптоэлектроники, как нового направления электронной техники. Электромагнитные волны и их свойства. Шкала электромагнитных волн. Электроны и фотоны, как носители информации.	15.1 [1-10] 15.2 [11-29] 15.3 15.4
2	2	2	<i>Источники света. Светоизлучающие диоды. Лазерные диоды.</i>	15.1 [1-10]

			<p>Классификация источников света и требования к ИС в оптоэлектронике. Лазеры и их характеристики. Пространственная и временная когерентность источников света. Физические основы и принцип действия инжекционных источников света. Требования к материалам для светоизлучающих диодов. Спектральные характеристики, конструкции и диаграммы направленности СИД. Принцип работы, условие инверсионной населённости, коэффициент усиления, квантовая эффективность, к.п.д., ватт-амперная характеристика. РОС и РБО-лазеры. Применение лазеров в принтерах и оптических дисках. Лазеры в медицинской и диагностической аппаратуре.</p>	<p>15.2 [11-20] 15.3 15.4</p>
3	2	3	<p><i>Волноводы.</i> Принцип работы волноводов. Основные характеристики волноводов. Механизм образования мод. Многомодовые и одномодовые волноводы. Изготовление оптических кварцевых волокон. Применения волноводов: эндоскопы, датчики физических величин.</p>	<p>15.1 [1-10] 15.2 [11-18] 15.3 15.4</p>
4	2	4	<p><i>Потери в волноводах.</i> Механизмы потерь, поглощения и рассеяния в кварцевых оптических волокнах. Типовые зависимости составляющих потерь от длины волны, затухание энергии в оптических волокнах при различных длинах волн. Разъёмные и сварные соединения волокон. Потери при соединениях. Измерения затухания и потерь.</p>	<p>15.1 [1-10] 15.2 [11-32] 15.3 15.4</p>
5	2	5	<p><i>Дисперсия импульсов в волноводах.</i> Модовая дисперсия. Ступенчатые и градиентные волноводы. Хроматическая дисперсия. Поляризационная дисперсия. Конструкции и характеристики оптических кабелей связи. Пропускная способность оптических кабелей связи.</p>	<p>15.1 [1-10] 15.2 [11-33] 15.3 15.4</p>
6	2	6	<p><i>Фотоприёмники.</i> Физические основы работы ФП. Классификация фотонных детекторов. Фоторезисторы. Фотодиоды. Вольтамперные характеристики ФП. Спектральные характеристики фотоприёмников. Фотовольтаические приёмники и преобразователи солнечной энергии. Pin-фотодиоды. Лавинные фотодиоды. Принцип действия и устройство фото-ПЗС.</p>	<p>15.1 [1-10] 15.2 [11-24] 15.3 15.4</p>
7	2	7	<p><i>Оптроны.</i> Диодные и тиристорные оптроны. Передаточная характеристика оптронов. Применения оптронов.</p>	<p>15.1 [1-10] 15.2 [11-22] 15.3 15.4</p>
8	2	8	<p><i>ВОСП.</i> Преимущества, особенности и возможности ВОСП. Способы увеличения пропускной способности. Оптические локальные сети Ethernet. Анализ и характеристики современных систем оптической связи. Перспективы развития и применения ВОСП в глобальных, региональных и локальных сетях.</p>	<p>15.1 [1-10] 15.2 [11-27] 15.3 15.4</p>
9	2	9	<p><i>Электрооптические модуляторы.</i> Основы модуляции оптических сигналов, физические основы электрооптического эффекта. Электрооптические модуляторы и переключатели сигналов. Выполнение математических операций с помощью модуляторов оптических сигналов.</p>	<p>15.1 [1-10] 15.2 [11-23] 15.3 15.4</p>

6. Содержание коллоквиумов
не предусмотрено учебным планом

7. Перечень практических занятий

№ тем ы	Всего часов	№ зан яти я	Тема практического занятия. Задания, вопросы, отрабатываемые на практическом занятии	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4	5
1	2	1	Современная оптоэлектроника. Электромагнитные волны и их свойства. Шкала электромагнитных волн.	15.1 [1-10] 15.2 [11-17] 15.3 15.4
1	2	2	Источники света. Светоизлучающие диоды. Лазерные диоды. Принцип работы, условие инверсионной населённости, коэффициент усиления, квантовая эффективность, к.п.д., ватт-амперная характеристика.	15.1 [1-10] 15.2 [11-4] 15.3 15.4
1	2	3	Волноводы. Принцип работы волноводов. Основные характеристики волноводов. Механизм образования мод. Многомодовые и одномодовые волноводы.	15.1 [1-10] 15.2 [11-34] 15.3 15.4
1	2	4	Потери в волноводах. Типовые зависимости составляющих потерь от длины волны, затухание энергии в оптических волокнах при различных длинах волн. Разъёмные и сварные соединения волокон. Потери при соединениях.	15.1 [1-10] 15.2 [11-30] 15.3 15.4
1	2	5	Дисперсия импульсов в волноводах. Модовая дисперсия. Ступенчатые и градиентные волноводы. Хроматическая дисперсия. Поляризационная дисперсия. Пропускная способность оптических кабелей связи.	15.1 [1-10] 15.2 [11-31] 15.3 15.4
1	2	6	Фотоприёмники. Фоторезисторы. Фотодиоды. Вольтамперные характеристики ФП. Спектральные характеристики фотоприёмников.	15.1 [1-10] 15.2 [11-23] 15.3 15.4
1	2	7	Оптроны. Диодные и тиристорные оптроны. Передаточная характеристика оптронов.	15.1 [1-10] 15.2 [11-30] 15.3 15.4
1	2	8	ВОСП. Оптические локальные сети Ethernet. Анализ и характеристики современных систем оптической связи.	15.1 [1-10] 15.2 [11-14] 15.3 15.4
1	2	9	Электрооптические модуляторы. Основы модуляции оптических сигналов, физические основы электрооптического эффекта.	15.1 [1-10] 15.2 [11-29] 15.3 15.4

8. Перечень лабораторных работ *не предусмотрено учебным планом*

9. Задания для самостоятельной работы аспирантов

№ Темы	Всего Часов	Задания, вопросы, для самостоятельного изучения (задания)	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4
1	8	Методы расчета характеристик сенсорных систем на основе фотонно-кристаллического оптического волокна. Расчет статических и динамических характеристик первичных преобразователей информации на основе волоконно-оптических световодов для регистрации различных физико-механических	15.1 [1-10] 15.2 [11-30] 15.3 15.4

		величин (угловой скорости, ускорения, давления, температуры, напряженности магнитного и электрического полей и т.д.)	
2	8	Методики расчета параметров фотонно-кристаллических устройств с отрицательным показателем преломления.	15.1 [1-10] 15.2 [11-18] 15.3 15.4
3	8	Полупроводниковые материалы для фотоприемных устройств. Коэффициент фотоэлектрического преобразования и отношение «сигнал-шум» для фотодиодов. Способы увеличения чувствительности приемников при помощи использования частиц с выраженной плазмоникой. Наноантенны и их применения в системах записи информации..	15.1 [1-10] 15.2 [11-26] 15.3 15.4
4	8	Методы расчета характеристик сенсорных систем на основе фотонно-кристаллического оптического волокна. Расчет статических и динамических характеристик первичных преобразователей информации на основе волоконно-оптических световодов для регистрации различных физико-механических величин (угловой скорости, ускорения, давления, температуры, напряженности магнитного и электрического полей и т.д.)	15.1 [1-10] 15.2 [11-16] 15.3 15.4
5	8	Расчет характеристик интегрально-оптических элементов. Расчет эффективности различных схем возбуждения плоских диэлектрических волноводов. Расчет дисперсионных характеристик плоского диэлектрического волновода.	15.1 [1-10] 15.2 [11-18] 15.3 15.4
6	8	Материалы для оптических волокон. Волокна с двойным лучепреломлением. Современные технологии производства оптических волокон различных типов. Волоконно-оптические жгуты, волоконно-оптические пластины, фоконы. Дисперсионные характеристики волокна.	15.1 [1-10] 15.2 [11-22] 15.3 15.4
7	8	Светоизлучающие полупроводниковые материалы для светодиодов. Прямые и косвенные переходы электронов между валентной зоной и зоной проводимости. Влияние соотношения компонентов трехэлементных и четырехэлементных полупроводниковых соединений на ширину запрещенной зоны, длину волны излучения и показатель преломления материала. Светоизлучающие материалы для полупроводниковых лазеров. Конструкции лазерных диодов. Гетероструктуры.	15.1 [1-10] 15.2 [11-23] 15.3 15.4
8	8	Волоконно-оптические интерферометры. Волоконно-оптические датчики физических величин: давления, ускорения, температуры, электрического и магнитного полей.	15.1 [1-10] 15.2 [11-34] 15.3 15.4
9	8	Взаимодействие электромагнитных волн оптического диапазона с металлическими наночастицами. Расчет эффективности взаимодействия электромагнитного излучения с наночастицами в классическом рассмотрении. Расчет сечения рассеяния и сечения поглощения частиц.	15.1 [1-10] 15.2 [11-28] 15.3 15.4

10. Расчетно-графическая работа

Не предусмотрена учебным планом

11. Курсовая работа

Не предусмотрена учебным планом

12. Курсовой проект

Не предусмотрен учебным планом

13. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

Вопросы к экзамену

1. Применение полупроводников в микро- и оптоэлектронике
2. Параметры металлов

3. Металлические пленки, размерные эффекты
4. Гранулярные металлические пленки
5. Методы получения металлических пленок
6. Диэлектрики, идеальные и неидеальные диэлектрики
7. Токи в диэлектриках
8. Методы получения диэлектрических пленок
9. Типовые технологические процессы обработки объемных полупроводниковых слитков
10. Методы легирования полупроводников (перекристаллизация, термообработка, диффузия примесей, ионная имплантация, трансмутационное легирование, радиационная обработка)
11. Способы получения полупроводниковых пленок
12. Способы получения эпитаксиальных полупроводниковых пленок
13. Методы газофазовой эпитаксии полупроводников
14. Молекулярно-лучевая эпитаксия
15. Эпитаксия с использованием летучих металл-органических соединений
16. Методы литографии и последовательность процессов при литографии
17. Типы интегральных схем по функциональному назначению, конструктивному решению
18. Классификация интегральных схем и их характеристики (интегральная и функциональная плотность, информационная сложность,
19. Надежность и критерии надежности, классификация испытаний)
20. Основные принципы проектирования интегральных схем
21. Технология и схема изготовления планарной структуры
22. Физические явления, лежащие в основе работы функциональной электроники
23. Элементы оптоэлектроники: фотоприемники, излучающие устройства, оптические среды, оптические элементы связи и обработки информации; материалы оптоэлектроники (полупроводники, стекла, пластмассы, металлы), их параметры и области применения
24. Приемники с внутренним фотоэффектом
25. Основное уравнение фотодиода
26. Солнечный элемент, разновидности фотодиодов
27. *P-i-n* фотодиод
28. Униполярный фототранзистор
29. Биполярный фототранзистор
30. Фототиристор,
31. Аномальный фото-вольтаический эффект
32. Приемники на основе внешнего фотоэффекта
33. Явление фотоэмиссии, квантовый выход, порог внешнего фотоэффекта
34. Влияние условий на поверхности на порог внешнего фотоэффекта
35. Спонтанное и индуцированное излучение, инверсная населенность
36. Возбуждение активной среды, усиление и генерация электромагнитного излучения
37. Оптический резонатор, условие самовозбуждения
38. Лазер на инжекционном *p-n* переходе
39. Волноводные свойства активной среды
40. Инжекционный светодиод и параметры светодиодов
41. Инжекционный полупроводниковый гетеролазер
42. Характеристики лазерного излучения
43. Сравнительные характеристики различных полупроводниковых излучателей
44. Изотропные и анизотропные оптические среды
45. Характеристики электромагнитной волны
46. Дисперсия показателя преломления, оптическая индикатриса
47. Фазовый синхронизм
48. Линейный и квадратичный электрооптические эффекты
49. Волоконно-оптические линии связи (ВОЛС), их параметры
50. Элементы ВОЛС

14. Образовательные технологии

Чтение лекций по дисциплине ведется в режиме, близком к интерактивному, что позволяет контролировать правильность восприятия аспирантами лекционного материала. Для успешного освоения дисциплины используются лекции на основе мультимедийных презентаций. При этом обсуждаются проблемные вопросы, направленные на практическую и самостоятельную деятельность аспиранта.

Для развития самостоятельной активности в изучении материала аспирантам предлагается использование Интернет-ресурсов (электронных каталогов, специализированных порталов и сайтов), подготовка к участию в дискуссиях по предлагаемым темам курса, выступление с рефератами. По всем практическим и самостоятельным работам аспирантам предлагается индивидуальное задание.

Реализация тем практических занятий в компьютерных классах кафедры дает возможность осуществлять просмотр различных ситуаций с последующим их разбором, что позволяет аспирантам выполнить конкретное, индивидуальное задание.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, составляет 50% аудиторных занятий.

Содержание самостоятельной работы аспирантов предполагает оформление результатов выполнения индивидуального задания с использованием различных компьютерных сред, что способствует эффективному развитию профессиональных навыков, т.е. приобретения как общеобразовательных, так и профессиональных компетенций.

15. Перечень учебно-методического обеспечения для обучающихся по дисциплине

1. Обязательные издания.

1. Быстров, С. А. Оптоэлектронные приборы и устройства / С. А. Быстров. – М. : Высш. шк., 2001.
2. Основы оптоэлектроники.: Учеб. пособие /А. И. Астайкин, М. К. Смирнов. – М.: Высш. Шк. 2007г.
3. М. Янг. «Оптика и лазеры (включая волоконную оптику и оптические волноводы)», М. «Мир», 2005.
4. Р.Фриман . «Волоконно-оптические системы связи», М. Техносфера, 2004.
5. Ханспержер, Р. Интегральная оптика: теория и применение / Р. Ханспер-жер. – М. : Мир, 1998.
6. А. Н. Игнатов Оптоэлектронные приборы и устройства: Учеб. пособие – М.: Эко-Трендз, 2006. – 272 с.
7. Оптоэлектроника. Ч. 1: Физические основы полупроводниковой оптоэлектроники. Когерентная оптоэлектроника / О. Н. Ермаков, А. Н. Пихтин, Ю. Ю. Протасов, С. А. Тарасов ; под общ. ред. И. Б. Федорова. - М. : Янус-К, 2010. - 699 с.
8. Оптоэлектроника. Ч. 2: Оптроника / О. Н. Ермаков ; А. Н. Пихтин, Ю. Ю. Протасов, С. А. Тарасов ; под общ. ред. И. Б. Федорова. - М. : Янус-К, 2011. - 611 с.
9. Портнов Э. Л. Принципы построения первичных сетей и оптические кабельные линии связи. – М.: Горячая линия – Телеком, 2009. – 544 с.; ил.
10. Звелто О. Принципы лазеров. – СПб-М.-Краснодар: Лань. 2008. – 720 с.

2. Дополнительные издания.

11. Смирнов, А. Г. Матрицы активных элементов для управления высокоинформативными жидкокристаллическими дисплеями / А. Г. Смирнов. – Минск : Бестпринт, 2003.
12. Пихтин, А. Н. Физические основы квантовой электроники и оптоэлектро-ники / А. Н. Пихтин. – М. : Высш. шк., 2 изд.-2013.
13. Верещагин, И. К. Введение в оптоэлектронику / И. К. Верещагин, Л. А. Косяченко, С. М. Кокин. – М. : Высш. шк., 2014.
14. Борисенко, В. Е. Наноэлектроника : учеб. пособие. Ч. 1 : Основы нано-электроники / В. Е. Борисенко. – Минск : БГУИР, 2001.
15. Э. Розеншер, Б.Винтер. «Оптоэлектроника», М., Техносфера, 2004.
16. Диэлектрики в наноэлектронике. В.А. Гриценко, И.Е. Тыщенко, В.П. Попов, Т.В. Перевалов. И. «Сибирского отделения РАН», Новосибирск, 2010, 257 с.
17. Классическая электроника и наноэлектроника. А.Н. Игнатов, Н.Е. Фадеева, В.Л. Савиных. И.»Флинта», «Наука», М. 2009, 726 с.
18. Основы наноэлектроники. В.П. Драгунов, И.Г. Неизвестный, В.А. Гридчин. И.»Физматкнига», М. 2006, 494 с.
19. Процессы микро- и нанотехнологии. Данилина Т.И., Смирнова К.И., Илюшин В.А., Величко А.А. ТУСУР, Томск. 2005, 315 С.
20. Физические основы функциональной электроники. А.Ф. Кравченко. И. «НГУ», Новосибирск, 2000, 442 с.
21. Полупроводниковая оптоэлектроника. Мартынов В.Н., Кольцов Г.И. МИСИС, М. 1999, 398.
22. Ярив А. Введение в оптическую электронику // Перев. с англ. под ред. О.В. Богданкевича. М: «Высшая школа», 1983.
23. Ярив А., Юх П. Оптические волны в кристаллах / Перев. с англ. под ред. И.Н. Сисакяна. М: «Мир», 1987. С. 167-195.
24. Волноводная оптоэлектроника / Под ред. Т. Тамира. М: «Мир», 1991. С. 18-78.
25. Интегральная оптика / Под ред. Т. Тамира. М: «Мир», 1978. С. 97-154.
26. Борн М., Вольф Э. Основы оптики. М: «Наука», 1970. С. 87-105.
27. Хаус Х. Волны и поля в оптоэлектронике // Перевод с англ. под ред. Шипилова К.Ф.М: «Мир», 1988.
28. Воробьев Г.А. Свойства диэлектриков / Учебное пособие по курсу «Физика твердого тела». Томск, 2002.
- 29.Смирнов, А. Г. Квантовая электроника и оптоэлектроника : учеб. пособие / А. Г. Смирнов. – Минск : Высш. шк., 1987.
30. Быстров Ю.А. Оптоэлектронные приборы и устройства. – М.: издат. предприятие. РадиоСофт, 2001г.
31. Носов Ю. Р. Оптоэлектроника. – М.: Радио и связь, 1989г.

32. Ишанин Г.Г. Приемники излучения оптических и оптико-электронных приборов. – «Машиностроение», Ленинград, 1986г.
33. Носов Ю.Р., Сидоров А. С. Оптроны и их применение. – М.: Радио и связь, 1981г.
34. Красюк Б.А., Семенов С.А. Оптические методы обработки информации. – М.: «Высшая школа», 1988г.
35. Василевский А.М., Крпоткин М.А., Тихонов В. В. Оптическая электроника – Л.: «Энергоатомиздат», 1990г.

3. Интернет-ресурсы

36. <https://portal.sstu.ru/Facult/default.aspx>(ИОС СГТУ, ФГОС)
37. Естественно-научный образовательный портал - <http://en.edu.ru>
38. Открытый колледж. Физика. - <http://physics.ru>
39. Сайт практикующего физика - <http://metod-f.narod.ru/>
40. Энциклопедия физики и техники - www.femto.com.ua
41. www.femto.com.ua (Энциклопедия физики и техники)
42. www.physbook.ru (Электронный учебник физики)
43. <http://lib.sstu.ru/index.php/menuskrellib/menuskrelizdutrur/107-bookfizika> (Сайт электронной библиотеки СГТУ, раздел физика)

4. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы.

44. www.google.com
45. <http://elibrary.ru/>
46. www.rambler.ru
47. www.yandex.ru

16. Материально-техническое обеспечение

Лекционные занятия проходят с использованием компьютеров в компьютерном классе, оборудованном специализированной учебной мебелью, технических средств обучения (мультимедийный проектор, интерактивная доска).

17. Особенности организации процесса сдачи кандидатского экзамена для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для аспирантов с ограниченными возможностями здоровья предусмотрены следующие формы организации педагогического процесса и контроля знаний:

-для слабовидящих:

обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;
для выполнения контрольных заданий при необходимости предоставляется увеличивающее устройство;
задания для выполнения, а также инструкция о порядке выполнения контрольных заданий оформляются увеличенным шрифтом(размер 16-20);

- для глухих и слабослышащих:

обеспечивается наличие звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования, при необходимости аспирантам предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;

- для лиц с тяжелыми нарушениями речи, глухих, слабослышащих

все контрольные задания по желанию аспирантов могут проводиться в письменной форме.

Основной формой организации педагогического процесса является интегрированное обучение инвалидов, т.е. все аспиранты обучаются в смешанных группах, имеют возможность постоянно общаться со сверстниками, легче адаптируются в социуме.

Рабочую программу составил

профессор, д.ф.-м.н.