

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение
высшего профессионального образования
«Томский государственный университет систем управления и
радиоэлектроники»

Кафедра электронных приборов

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЛАЗЕРНЫХ ПУЧКОВ

Методические указания по самостоятельной работе
для студентов направления «Фотоника и оптоинформатика»

2012

Гейко Павел Пантелеевич.

Распространение лазерных пучков: методические указания по самостоятельной работе для студентов направления «Фотоника и оптоинформатика» / П. П. Гейко; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра электронных приборов. - Томск: ТУСУР, 2012. - 17 с.

Самостоятельная работа направлена на углубление знаний дисциплины и предполагает обобщение изучаемых тем, а темы для самостоятельной проработки обобщают приобретенные знания и позволяют студенту самостоятельно решать задачи, возникающие при внедрении передовых технологий в производстве. Отдельные фрагменты тем могут составлять предмет научных исследований.

Пособие предназначено для студентов очной и заочной форм, обучающихся по направлению «Фотоника и оптоинформатика» по дисциплине «Распространение лазерных пучков».

© Гейко Павел Пантелеевич, 2012

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Томский государственный университет систем управления и
радиоэлектроники»

Кафедра электронных приборов

УТВЕРЖДАЮ

Зав.кафедрой ЭП

_____ С.М. Шандаров

« ____ » _____ 2012 г.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЛАЗЕРНЫХ ПУЧКОВ

Методические указания по самостоятельной работе
для студентов направления «Фотоника и оптоинформатика»

Разработчик

д-р ф-м. наук, проф.каф.ЭП

_____ П.П. Гейко

« ____ » _____ 2012 г.

Содержание

Введение.....	5
Раздел 1 Введение в предмет, применение лазеров, их параметры, особенности распространения лазерных пучков	6
1.1 Содержание раздела.....	6
1.2 Методические указания по изучению раздела.....	6
1.3 Вопросы для самопроверки	6
Раздел 2 Типы лазеров, основы физики их работы	7
2.1 Содержание раздела.....	7
2.2 Методические указания по изучению раздела.....	7
2.3 Вопросы для самопроверки	7
Раздел 3 Оптические резонаторы лазеров	8
3.1 Содержание раздела.....	8
3.2 Методические указания по изучению раздела.....	8
3.3 Вопросы для самопроверки	8
Раздел 4 Распространение лазерного излучения в атмосфере, воде, космосе и оптическом волокне	9
4.1 Содержание раздела.....	9
4.2 Методические указания по изучению раздела.....	9
4.3 Вопросы для самопроверки	9
Раздел 5. Взаимодействие излучения с инверсной средой.	10
5.1 Содержание раздела.....	10
5.2 Методические указания по изучению раздела.....	10
5.3 Вопросы для самопроверки	10
Раздел 6 Модели лазерных пучков, их преобразование. Управление пучками.	10
6.1 Содержание раздела.....	10
6.2 Методические указания по изучению раздела.....	11
6.3 Вопросы для самопроверки	11
7 Лабораторные работы.....	11
8 Темы для самостоятельного изучения разделов	13
9 Индивидуальные задания для самостоятельной работы.....	13

Введение

Целью самостоятельной работы является систематизация, расширение и закрепление теоретических знаний студентов и их применение при решении конкретных задач; развитие инженерных навыков анализа и разработки оптической оснастки и узлов оптического оборудования, обучение студентов различным методам исследований и анализу полученных результатов, а также развитие навыков самостоятельной творческой работы, что способствует успешному решению конкретных производственных задач и развитию творческой инициативы.

Данные методические указания ставят своей целью оказать помощь студентам в изучении новейших технологий с применением лазеров. Это требует овладения навыками самостоятельной работы с учебной и периодической литературой, с описаниями патентов и авторских свидетельств, умения самостоятельно излагать свои мысли и знания в процессе изучения дисциплины.

Методические указания содержат программу, перечень важнейших изучаемых тем учебного курса, для проверки знаний приведены вопросы для самопроверки, приведены темы индивидуальных самостоятельных работ.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих знаний, умений и навыков:

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать:

- методы анализа поставленной проектной задачи в области фотоники и оптоинформатики на основе подбора и изучения литературных и патентных источников; элементную базу полупроводниковых, волоконных и планарных лазеров;

уметь:

- выполнять математическое (компьютерное) моделирование с целью анализа и оптимизации параметров объектов фотоники и оптоинформатики на базе имеющихся средств исследований и проектирования, включая стандартные пакеты автоматизированного проектирования и исследований;

- проводить исследования различных объектов фотоники и оптоинформатики по заданной методике с выбором технических средств и обработкой результатов

владеть: приемами наладки, настройки и опытной проверки отдельных видов элементов, устройств и систем фотоники и оптоинформатики в лабораторных условиях и на объектах.

Раздел 1 Введение в предмет, применение лазеров, их параметры, особенности распространения лазерных пучков

1.1 Содержание раздела

История развития лазеров. Принцип действия и принципиальное устройство газовых и твердотельных лазеров. Классификация лазеров. Основные элементы лазера и их роль. Применение лазеров в промышленности, в военном деле, в медицине, в дальнометрии, локации, связи и телеуправлении, в исследованиях окружающей среды, в научных исследованиях, в голографии.

Эксплуатационные параметры лазеров: коэффициент полезного действия, потребляемая мощность, рабочая температура, время готовности к работе, время непрерывной работы, ресурс работы, габариты и масса, надежность лазеров. Энергетические, пространственные и временные характеристики излучения лазеров. Лазер как усилитель с положительной обратной связью. Роль спонтанного излучения в развитии генерации. Отличительные свойства лазерного излучения: монохроматичность, когерентность, направленность, интенсивность, поляризация. Режим свободной генерации. Режим модуляции добротности резонатора. Режим синхронизации мод. Многомодовый, одномодовый и одночастотный режим.

1.2 Методические указания по изучению раздела

В данном разделе обращается внимание на отличительные свойства лазерного излучения: монохроматичность, когерентность, направленность, интенсивность, поляризацию, режим синхронизации мод, многомодовый, одномодовый и одночастотный режим.

1.3 Вопросы для самопроверки

1. Принцип действия газовых и твердотельных лазеров
2. Основные элементы лазера и их роль
3. Понятие монохроматичности лазерного излучения.
4. Когерентность, направленность, интенсивность, поляризация лазерного излучения
5. Понятие моды лазерного излучения
6. Многомодовый и одномодовый режим генерации излучения
7. Эксплуатационные параметры лазеров
8. Лазер как усилитель с положительной обратной связью
9. Какова роль спонтанного излучения в развитии генерации излучения
10. Применение лазеров в промышленности и связи.

Раздел 2 Типы лазеров, основы физики их работы

2.1 Содержание раздела

Твердотельные лазеры. Общие особенности. Системы оптической накачки. Активные среды. Трехуровневые и четырехуровневые лазеры. Перестраиваемые твердотельные лазеры.

Твердотельные микролазеры. Волоконные лазеры.

Газовые лазеры. Общие особенности. Обеспечение инверсии в газовых лазерах. Лазеры на нейтральных атомах. Ионные лазеры. Молекулярные лазеры. Лазеры на эксимерах. Электроионизационные, газодинамические и химические лазеры. Волноводные лазеры.

Жидкостные лазеры. Общие особенности. Лазеры на растворах неорганических соединений редкоземельных элементов. Лазеры на растворах органических красителей. Управление спектром излучения жидкостных лазеров.

Полупроводниковые лазеры. Общие особенности. Создание инверсии в полупроводниках. Лазеры с электронной накачкой. Инжекционные лазеры. Гетероструктурные лазеры с одно- и двухсторонним ограничением.

Рентгеновские, гамма-лазеры и лазеры на свободных электронах. Основные особенности, проблемы и тенденции развития. Основные явления, происходящие в лазерах.

2.2 Методические указания по изучению раздела

В данном разделе обращается внимание на схему накачки лазера, схему и особенности генерации излучения в лазерах различных типов.

2.3 Вопросы для самопроверки

1. Основные явления, происходящие в лазерах.
2. Твердотельные трехуровневые и четырехуровневые лазеры.
3. Волоконные и волноводные лазеры.
4. Управление спектром излучения жидкостных лазеров.
5. Создание инверсии в полупроводниках.
6. Гетероструктурные лазеры с одно- и двухсторонним ограничением.
7. Рентгеновские, гамма-лазеры и лазеры на свободных электронах
8. Электроионизационные лазеры.
9. Ионные, молекулярные, эксимерные лазеры.
10. Проблемы и тенденции развития лазеров.

Раздел 3 Оптические резонаторы лазеров

3.1 Содержание раздела

Назначение и разновидности оптических резонаторов. Геометрические характеристики. Резонатор как оптический волновод. Потери и добротность резонатора, резонансные свойства. Устойчивые и неустойчивые резонаторы.

Интегральное уравнение резонатора. Дифференциальные потери и фазовый сдвиг. Моды резонатора и их обозначение. Плоский и конфокальный резонаторы и их свойства. Гауссовы резонаторы.

Оптический резонатор с активным веществом. Основные процессы, происходящие в активном резонаторе: усиление и потери мощности, формирование модового состава излучения, спектральных характеристик, "затягивание" частот, конкуренция и деформация мод.

3.2 Методические указания по изучению раздела

В данном разделе обращается внимание на назначение резонатора и процессы, происходящие в нем. На влияние резонатора на усиление и потери мощности, формирование модового состава излучения, спектральных характеристик, "затягивание" частот, конкуренция и деформация мод.

3.3 Вопросы для самопроверки

1. Назначение и разновидности оптических резонаторов.
2. Основные процессы, происходящие в активном резонаторе
3. Устойчивые и неустойчивые резонаторы
4. Гауссовы резонаторы
5. Потери и добротность резонатора.
6. Интегральное уравнение резонатора.
7. Моды резонатора и их обозначение.
8. Оптический резонатор с активным веществом.
9. Формирование спектральных характеристик в резонаторе
10. Деформация мод в резонаторе

Раздел 4 Распространение лазерного излучения в атмосфере, воде, космосе и оптическом волокне

4.1 Содержание раздела

Ослабление лазерного излучения в атмосфере. Влияние атмосферной турбулентности и рефракции на лазерное излучение. Ослабление излучения лазеров в воде и космосе. Особенности прохождения лазерного излучения в оптическом волокне. Энергетические уровни атомов, ионов и молекул. Оптические и неоптические переходы. Вероятности и скорости оптических переходов. Мощность спонтанного и вынужденного излучений. Кинетические уравнения.

Ширина и контур спектральных линий. Естественная ширина линий. Факторы, влияющие на уширение линий. Поперечная и продольная релаксация. Однородное и неоднородное уширение линий. Спектральная плотность мощности.

4.2 Методические указания по изучению раздела

В данном разделе обращается внимание на особенности прохождения лазерного излучения в оптическом волокне. Энергетические уровни атомов, ионов и молекул. Оптические и неоптические переходы. Вероятности и скорости оптических переходов. Мощность спонтанного и вынужденного излучений. Кинетические уравнения. Факторы, влияющие на уширение линий. Поперечная и продольная релаксация. Однородное и неоднородное уширение линий.

4.3 Вопросы для самопроверки

1. Особенности прохождения лазерного излучения в оптическом волокне.
2. Оптические и неоптические переходы.
3. Энергетические уровни атомов, ионов и молекул
4. Факторы, влияющие на вероятности оптических переходов.
5. Факторы, влияющие на скорости оптических переходов.
6. Влияние атмосферной турбулентности и рефракции на лазерное излучение.
7. Факторы, влияющие на уширение линий.
8. Поперечная и продольная релаксация излучения.
9. Однородное и неоднородное уширение линий.
10. Спектральная плотность мощности лазерного излучения.

Раздел 5. Взаимодействие излучения с инверсной средой.

5.1 Содержание раздела

Понятие и общие принципы создания инверсии. Методы заселения и расселения уровней. Способы создания инверсии в различных средах. Условия усиления электромагнитных волн в идеальной среде. Закон Бугера для нормальной и инверсной сред. Ненасыщенный показатель усиления, зависимость его от частоты.

Усиление света в реальной среде. Коэффициент потерь. Активная часть контура усиления. Насыщение усиления. Усиление с учетом эффекта насыщения. Деформация контура усиления в случаях однородного и неоднородного уширения линий. Зависимость потока излучения от пути в усиливающей среде. Сужение спектра при прохождении излучения через усиливающую среду.

5.2 Методические указания по изучению раздела

В данном разделе обращается внимание на физические явления, лежащие в основе взаимодействия излучения со средой. Обращается внимание на усиление или потери света в реальных средах.

5.3 Вопросы для самопроверки

1. Понятие инверсной заселенности уровней.
2. Способы создания инверсии в различных средах.
3. Закон Бугера для нормальной и инверсной сред.
4. Методы заселения и расселения уровней.
5. Усиление света в реальной среде.
6. Ненасыщенный показатель усиления, зависимость его от частоты.
7. Коэффициент потерь излучения.
8. Деформация контура усиления в случаях однородного и неоднородного уширения линий.
9. Зависимость потока излучения от пути в усиливающей среде.
10. Сужение спектра при прохождении излучения через усиливающую среду.

Раздел 6 Модели лазерных пучков, их преобразование. Управление пучками

6.1 Содержание раздела

Гауссов пучок и его параметры. Особенности распространения гауссова пучка в свободном пространстве. Конфокальный параметр пучка.

Дальняя и ближняя зоны. Эрмитовский, лагерро-гауссовский и гомоцентрический пучок. Модель Турыгина., "лучевой пакет". Волновая, геометрическая и матричная оптика применительно к пучку лазерного излучения. Особенности поведения дифракционно-ограниченных лазерных пучков.

Преобразование угловой расходимости, плотности потока, направления распространения, поляризации. Расчет преобразования пучков с помощью лучевых матриц. Закон АБСД преобразования гауссовых пучков. Применение лучевых матриц и закона АБСД при распространении гауссовых пучков через оптические системы. Модуляторы лазерного излучения. Дефлекторы лазерного излучения.

6.2 Методические указания по изучению раздела

В данном разделе обращается внимание на физические явления, лежащие в основе моделей лазерных пучков. Обращается внимание на методы управления лазерными пучками.

6.3 Вопросы для самопроверки

1. Конфокальный параметр пучка.
2. Эрмитовский, лагерро-гауссовский и гомоцентрический пучок.
3. Модель Турыгина., "лучевой пакет".
4. Волновая, геометрическая и матричная оптика.
5. Особенности поведения дифракционно-ограниченных лазерных пучков.
6. Преобразование угловой расходимости, плотности потока.
7. Закон АБСД преобразования гауссовых пучков.
8. Применение лучевых матриц.
9. Модуляторы лазерного излучения.
10. Дефлекторы лазерного излучения.

7 Лабораторные работы

В процессе выполнения лабораторных занятий студент не только закрепляет теоретические знания, но и пополняет их. Вся работа при выполнении лабораторной работы разбивается на следующие этапы: вступительный, проведение эксперимента и обработка результатов, защита.

Вступительный этап включает анализ полученного индивидуального задания, изучение рекомендуемых литературных источников по теме задания, знакомство с приборами, методами и схемами измерений. Исходя из возможностей лабораторного оборудования и условий индивидуального задания, выбирается и обосновывается метод проведения эксперимента,

составляется методика и программа выполнения работы. В процессе самостоятельной подготовки к лабораторной работе каждый студент ведет черновик отчета, куда вносятся:

- схема установки;
- методика проведения работы;
- формулы и предполагаемые графики.

В процессе домашней подготовки студент проверяет качество усвоения проработанного материала по вопросам для самоконтроля, относящимся к изучаемой теме. Без проведения такой предварительной подготовки к лабораторной работе студент не допускается к выполнению эксперимента.

Помимо домашней работы студенты готовятся к выполнению эксперимента также на рабочем месте: они знакомятся с установкой, уточняют порядок выполнения работы, распределяют рабочие функции между членами бригады. В ходе аудиторной подготовки преподаватель путем собеседования выявляет и оценивает степень готовности каждого студента к проведению эксперимента и знание им теоретического материала. Студенты, не подготовленные к выполнению работы или не представившие отчеты по предыдущей работе, к выполнению новой работы могут быть не допущены и все отведенное время для лабораторной работы должны находиться в лаборатории, изучать по рекомендованной литературе тот материал, с которым они не познакомились дома. К выполнению работы они могут быть допущены только после собеседования. Все пропущенные лабораторные работы по уважительным или неуважительным причинам могут быть выполнены в конце семестра на дополнительных занятиях.

Второй этап работы – проведение эксперимента в лаборатории. На этом этапе очень важно, чтобы студент выполнил самостоятельно и грамотно необходимые измерения и наблюдения, укладываясь в отведенное для этого время. При организации своей работы для проведения эксперимента целесообразно исходить из рекомендаций, изложенных в руководствах для выполняемой лабораторной работы.

Отчет студента по работе должен быть индивидуальным, и содержать следующие разделы: наименование работы; цель работы; индивидуальное задание; применяемая аппаратура; ее описание (система, класс, цена давления и т.д.); краткое изложение методики, схемы опытов; таблицы данных измерений; итог обработки результатов и расчетные формулы; графики; анализ результатов и погрешностей; фрагмент конструкции соединения. Анализ результатов является важной частью отчета.

Здесь нужно привести:

- сопоставление с другими аналогичными результатами, если они имеются, с обязательной ссылкой на литературный источник;
- сопоставление с соответствующими теориями;
- причины, обусловившие погрешности измерений и методы их

устранения.

Таким образом, отчет студента должен представлять собой пусть небольшую, но законченную работу, хорошо оформленную и грамотно изложенную.

Ниже приведены названия лабораторных работ.

1. Исследование генерации второй гармоники лазерного излучения
2. Изучение эффекта Керра

Лабораторные работы являются двухуровневыми. Первый уровень требует проработку материала, расчеты взаимного расположения элементов, проектирование оптической схемы, предварительную юстировку системы. Второй уровень предполагает проведение измерений, анализ соответствия расчетов и эксперимента, обработку экспериментальных данных, выполнение задания по указанию преподавателя.

8 Темы для самостоятельного изучения разделов

Темы для самостоятельного изучения дополняют и углубляют лекционный материал. Тематика самостоятельных работ предполагает анализ достижений в области распространения лазерных пучков. Отдельные фрагменты тем могут составлять предмет научных исследований.

Темы для самостоятельного изучения

1. Применение лазеров
2. Эксплуатационные параметры лазеров
3. Резонатора, резонансные свойства
5. Ослабление лазерного излучения в атмосфере
6. Зависимость потока излучения от пути в усиливающей среде
7. Общие принципы создания инверсии
8. Гауссов пучок и его параметры

9 Индивидуальные задания для самостоятельной работы

Индивидуальные задания ставят целью:

- 1) закрепление и углубление теоретических знаний, полученных студентами в теоретических курсах и на производственной практике;
- 2) приобретение опыта работы с научно-технической, справочной патентной литературой, ГОСТами, технологической документацией;
- 3) практическое применение знаний, полученных при изучении общепрофессиональных и профилирующих дисциплин, использование вычислительной техники, инженерных методов расчета, а также развития конструкторских навыков;
- 4) выработка и закрепление навыков грамотного изложения результатов работы и их защитой перед аудиторией.

Тематика индивидуальных заданий

Задание обобщает теоретический материал и предполагает творчество в оценке параметров и возможностей применения лазерного излучения для конкретной цели.

Студент выбирает тему самостоятельно. При выборе темы учитывается участие студента в научно-исследовательских работах кафедры, в работе студенческого конструкторского бюро.

Перед выполнением задания целесообразно просмотреть фрагменты эмуляции подобных лабораторных работ, отдельные подобные технические решения и методики расчета. Именно на этом первоначальном этапе происходит лексический анализ задачи и уточнение того, что конкретно нужно отразить в задании. Задание построено по многоуровневой схеме, и предполагает его выполнение исходя из различного стартового уровня знаний или интереса студента к определенной области знаний.

Возможными темами могут быть следующие:

1. Инжекционный лазер на основе GaAs для видеотехнике
2. Электроионизационный лазер для сварки
3. Лазер как источник света
4. Лазерная спектроскопия
5. Лазерный дальномер для строительства
6. Лазерное печатающее устройство
7. Лазер для вычислительной технике
8. Твердотельный приемник изображения
9. Нелинейные оптические эффекты
10. Лазер для иллюзионной голографии

При выполнении задания студент должен:

- под конкретную задачу провести обзор литературы по методам решения проблемы;
- обосновать выбор лазера, описать назначение элементов, описать физический принцип генерации излучения;
- провести расчеты оптической системы и параметров пучка;
- описать спектральные характеристики приемника излучения;
- описать, на какой установке можно реализовать предлагаемые режимы;
- техника безопасности при работе с лазером;
- привести сборочный чертеж крепления отдельного элемента;
- описать перспективы развития работы.

Общая схема выполнения задания

Порядок выполнения задания

Выполнение задания следует начинать с ознакомления и подбора литературы.

Анализ задания производится на основе изучения патентов, периодической литературы, монографий. Следует обратить внимание на новизну устройства. Новизна заключается в реализации новых физических принципов, новых физических эффектов, новых путей для достижения цели. При этом благодаря введению новых элементов реализуются новые физические процессы. В записку не имеет смысла переписывать какой-либо текст из учебников, монографий и Интернета. Однако, совершенно необходимо нарисовать эскиз аналога прибора.

По истечении двух недель с момента получения задания, студент должен представить руководителю техническое предложение по теме задания, которое является результатом анализа задания, обзора литературы и сопровождается эскизами отдельных узлов предполагаемого устройства установки.

Работу над заданием следует выполнять в следующем порядке и в сроки, указанные преподавателем.

Первую часть задания студент сдает на проверку руководителю при наличии задания, введения, реферата, обзора литературы более 10 наименований, расчета некоторых параметров.

Вторую часть задания студент сдает на проверку руководителю при наличии схемы источника излучения и описания принципа его работы, наличия расчета оптических параметров, наличия экспериментальной и конструкторской части.

Проверка и защита задания

Студент сдает преподавателю законченный задание на предварительную проверку. В присутствии студента проверяется наличие разделов задания. Обязательным является анализ достижений науки и техники, расчеты на ЭВМ.

По реферату оценивается метод решения задачи и параметры необходимого оборудования. Проверяется наличие ссылок на литературу, уровень использования ЭВМ, уровень математического аппарата, соблюдение ГОСТ при оформлении схем и рисунков. Проверяется наличие письменного доклада презентации с докладом и оригинальным рисунком в форматах bmp, coge1, двух оппонентов со стороны студентов. При отсутствии персонального компьютера студент сдает материалы в ручном варианте, однако, титульный лист и программа для расчета должны быть распечатаны. Через два дня студент получает предварительный отзыв на задание о правильности расчетов и ошибках.

Число конференций равно числу групп в потоке. Группы для защиты формируются независимо от списочного состава.

Технология подготовки конференции

1 Преподаватель проверяет работу, отмечает ошибки и ставит дату приема.

2 Оргкомитет: (старосты групп в потоке) – собирают презентации докладов для просмотра

3 Затем следует проверка ошибок и выносится решение о допуске к конференции.

Защита включает доклад студента (5-7 минут) и ответы на вопросы (5 мин). В докладе сообщается тема задания, техническое задание, краткое содержание работы. Необходимо обосновать актуальность темы, метод выбранных инженерных решений. Особое внимание в докладе следует уделить самостоятельным творческим разработкам, их технико-экономическому обоснованию. По окончании доклада студенту задаются вопросы, позволяющие оценить, насколько глубоко проработан материал.

В процессе защиты учитываются: самостоятельность работы, оригинальность и тщательность проработки технических решений, качество оформления чертежей и расчетно-пояснительной записки, выполнение ГОСТ, использование ЭВМ в расчетах, полнота и четкость доклада, правильность ответов на вопросы, планомерность работы над заданием и срок защиты (досрочно, в срок, после срока без уважительных причин).

Критерии оценок за самостоятельное задание

Оценка отражает учебную (3 балла), творческую (4) и исследовательскую (5 баллов) часть.

Для оценки хорошо студент должен отметить в докладе конкретную творческую часть задания, предполагаемую для публикации на студенческой конференции.

Для оценки отлично студент должен отметить творческую и исследовательскую часть, иметь наброски доклада для публикации на студенческой конференции и рекомендацию для участия в конкурсе внутривузовских студенческих работ.

При несогласии студента с оценкой назначается комиссия.

Учебное пособие

Гейко Павел Пантелеевич

Распространение лазерных пучков

Методические указания по самостоятельной работе

Усл. печ. л. Препринт
Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники
634050, г.Томск, пр.Ленина, 40