

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

С.М. Шандаров
Н.И. Буримов
А.А. Шмидт

ОПТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Методические указания методические указания по выполнению курсовой работы для
студентов технических направлений подготовки

Томск 2024

УДК 535:53(075.8)
ББК 22.34я73
Ш201

Шандаров, Станислав Михайлович

Ш201 Оптическая физика: методические указания по выполнению курсовой работы для студентов технических направлений подготовки / С.М. Шандаров, Н.И. Буримов, А.А. Шмидт. – Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2024. – 11 с.

В методических указаниях рассмотрены общие принципы выполнения расчетных и исследовательских курсовых работ, представлены варианты заданий на курсовые работы, даны рекомендации по проведению исследований и расчетов. Представлены методические указания по анализу литературы, проведению расчетов и экспериментальных исследований распространения, взаимодействия и преобразования световых волн в кристаллах.

Одобрено на заседании каф. ЭП, протокол № 05-24 от 08.05.2024 г.

УДК 535:53(075.8)
ББК 22.34я73

© Шандаров С.М., Буримов Н.И.,
Шмидт А.А. 2024
© Томск. гос. ун-т систем упр. и
радиоэлектроники, 2024

Оглавление

Введение	4
1 Цель и задачи курсовой работы.....	4
2 Предлагаемые темы курсовых работ	5
3 Содержание курсовой работы.....	5
3.1 Общие сведения.....	5
3.1.1 Обзор литературы	6
3.1.2 Выбор методики исследования	6
3.1.3 Проведение эксперимента	7
3.1.4 Обработка результатов эксперимента	7
3.2 Структура курсовой работы	7
3.3 Общие рекомендации по организации работы.....	8
Список рекомендуемой литературы	9
Приложение 1 (справочное) Примеры заданий на курсовую работу расчетного типа.....	10
Приложение 2 (справочное) Примеры заданий на курсовую работу исследовательского типа	11

Введение

Данное методическое пособие посвящено вопросам, касающимся курсовой работы (КР) по учебной дисциплине «Оптическая физика».

Курсовая работа по дисциплине «Оптическая физика» позволяет обобщить полученные в процессе изучения курса знания и применить их для решения конкретных теоретических задач и проведения экспериментальных исследований.

В данных методических указаниях делается упор на рассмотрение вопросов, связанных с методиками решения конкретных теоретических задач и проведения экспериментальных исследований, полагая, что необходимые теоретические сведения и практические навыки получены студентами на лекционных, практических и лабораторных занятиях.

Следует отметить, что одной из составляющих успешной работы над курсовой работой является правильное распределение времени. Для самооценки проделанной работы следует ориентироваться на приблизительные объемы основных этапов выполнения работы:

1. анализ поставленной задачи;
2. обзор литературы;
3. выбор и обоснование методики исследования;
4. теоретическое решение поставленной задачи;
5. проведение экспериментальных исследований;
6. анализ полученных результатов;
7. оформление пояснительной записки, защита курсовой работы.

1 Цель и задачи курсовой работы

Цель курсовой работы по дисциплине «Оптическая физика» состоит в закреплении и более глубоком усвоении теоретических знаний по данной дисциплине, а также в приобретении навыков и освоении методик теоретических и экспериментальных исследований процессов взаимодействия оптических излучений с веществом для и применении полученных навыков для решения конкретных задач.

В процессе самостоятельной работы студента (под руководством преподавателя) решаются следующие задачи:

- развитие навыков самостоятельного поиска и использования справочной литературы (включая источники в Интернет);
- развитие самостоятельности при выборе методов расчета и творческой инициативы при решении конкретных задач;
- получение навыков теоретических, экспериментальных исследований и закрепление представлений обо всех этапах решения задач;
- усвоение комплекса организационных мер и приемов при выполнении работ большого объема;
- ознакомление с процедурой защиты курсовой работы перед комиссией;
- подготовка к выполнению дипломной работы (проекта).

Курсовая работа выполняется по индивидуальным заданиям. В соответствии с заданием должна быть разработана тема, утвержденная заведующим кафедрой. Общее руководство осуществляет преподаватель. За принятые в работе решения, правильность выбранных схемных решений, расчетов, качество подготовки текстовых документов, а также за своевременность подготовки и защиты курсовой работы в целом отвечает студент. В процессе выполнения работы студент должен правильно организовать свой труд, регулярно работать над заданием, проявлять максимум инициативы и самостоятельности в решении поставленных задач.

2 Предлагаемые темы курсовых работ

Предлагаемые темы курсовых работ, определяются программой курса «Оптическая физика», связаны с предыдущими и последующими дисциплинами. Тематика курсовых работ может быть разделена на две категории:

1. Расчетные работы, связанные с анализом процессов распространения, взаимодействия и самовоздействия световых волн в кристаллах.

2. Исследовательские работы, связанные с проведением экспериментальных и теоретических исследований процессов распространения, взаимодействия и самовоздействия световых волн в кристаллах.

Тематика исследовательских работ должна быть связана с научными исследованиями, ведущимися на кафедре, с разработкой новых лабораторных установок по учебным курсам, обеспечиваемых кафедрой, с тематикой работ предприятий и организаций, в которых студент планирует выполнять выпускную квалификационную работу. Желательно, чтобы тематика курсовой работы была связана с профилирующими дисциплинами кафедры.

Основными направлениями, которым должна соответствовать тематика исследовательской курсовой работы, являются:

1. разработка и создание перспективных методик анализа взаимодействия и самовоздействия световых волн в фоторефрактивных пьезокристаллах;

2. разработка новых лабораторных установок, в том числе в варианте компьютерной лабораторной работы, по основным учебным дисциплинам, обеспечиваемым кафедрой.

3. создание и исследование установок на основе ионно-плазменных технологий для обработки оптических элементов для устройств и систем фотоники и оптоинформатики

4. исследование фотоиндуцированных явлений в фоторефрактивных пьезокристаллах

5. создание и исследование динамических голографических интерферометров на основе фоторефрактивных пьезокристаллов для оптических измерительных систем

6. синтез перспективных оптических материалов и создание на их основе устройств управления оптическим излучением.

Варианты заданий на курсовую работу обеих категорий приведены в Приложении 1 и Приложении 2.

3 Содержание курсовой работы

3.1 Общие сведения

В результате выполнения курсовой работы по предмету «Оптическая физика» студент должен изучить и глубоко усвоить современные подходы и методы, используемые для анализа и описания оптических явлений, базовые принципы оптической физики, детально изучить основные линейные и нелинейные оптические процессы, эффекты и явления в конденсированных средах.

После получения задания студент последовательно выполняет следующие задачи:

1. анализ технического задания,

2. постановка задачи проектирования,

3. обзор литературы по указанной теме,

4. выбор и обоснование методики экспериментальных и теоретических исследований,

5. разработка текстовой документации,

6. оформление отчета по курсовой работе,

7. защита курсовой работы перед комиссией.

Для успешного выполнения основных этапов курсовой работы исследовательской категории необходимо придерживаться следующих положений.

3.1.1 Обзор литературы

Любое исследование, любая новая разработка начинаются со сбора первичного материала, его изучения. Изучив имеющийся литературный материал в монографиях, журналах, трудах конференций и патентах, нужно его критически осмыслить и после этого еще раз продумать цели и задачи работы, внося соответствующие изменения и дополнения.

Каждая работа должна иметь теоретическое и практическое значение в решении тех или иных вопросов, проблем или внедрении новых идей. Для специалистов в области оптической физики важно выработать в себе привычку систематически следить за новыми работами, публикуемыми по изучаемому вопросу. Учитывая значительный объем информации, имеющийся в иностранных монографиях и периодических изданиях, знание иностранного языка, умение бегло читать иностранный текст приобретают особенно большое значение.

Самое главное в процессе изучения литературного материала – это не только его познание, глубокий анализ, но и стимуляция мыслей, идей, замыслов. Недостаточно просто прочитать книгу или статью, необходимо интересную и важную работу аннотировать. Аннотация – краткое изложение содержания статьи или книги, иногда с критической оценкой. Аннотация позволяет в любое время восстановить в памяти основные вопросы, рассматриваемые в работе, а также все нужные детали. Аннотировать нужно не только работы, непосредственно касающиеся данного узкого вопроса, но и косвенно касающиеся его. В аннотацию следует записывать фамилию и инициалы автора, название книги или журнала, название статьи, год издания, номер, месяц, страницы. В результате детального изучения научной проблемы или вопроса по литературным источникам составляется реферат. Иногда ограничиваются обзором литературы. Реферат – это обобщение и систематизация литературного материала по данному вопросу. В реферате приводятся данные из различных работ, проводится глубокий и всесторонний анализ материала, сравниваются применяемые методы исследования, и полученные результаты, высказываются критические замечания и выводы о направлении исследования. Критика – движущая сила науки, а научно-исследовательская работа (НИР) – школа научной критики. Глубокий и всесторонний анализ материала позволяет исключить из рассмотрения тупиковые направления, миновать многие весьма трудоемкие этапы разработки проблемы и узнать о новых научных и технических путях ее решения.

3.1.2 Выбор методики исследования

Выбор правильной методики теоретических и экспериментальных исследований определяет успех выполнения курсовой работы. Предварительную информацию о используемых методах исследования решаемой научной проблемы получают из книг, статей, отчетов о НИР и докладов на конференциях. При этом следует избегать простого копирования известных методик. Опыт предыдущих исследований необходимо учитывать, но методику нужно каждый раз совершенствовать, вносить что-то свое новое. На первом этапе приходится руководствоваться интуицией, умением охватывать самые существенные факторы и создавать качественную картину изучаемого явления, базируясь на определенных гипотезах и моделях. В начале работы иногда полезно провести исследование менее точными приближенными методами, чтобы получить общее представление об изучаемом явлении. После этого, когда общая закономерность выявлена, можно перейти к более детальному исследованию более точными методами. Никогда не следует забывать о всех факторах, обуславливающих то или иное развитие явления.

Объективными оценками выбранной методики являются аргументированная обоснованность модели, погрешность математического описания явления и область применения полученных результатов.

3.1.3 Проведение эксперимента

Исследователь обращается к эксперименту либо в поиске идеи, либо в осуществлении уже найденной идеи. В ожидании ответа на поставленные вопросы перебираются тысячи возможных вариантов и возражений, выдвигаются и отвергаются гипотезы. Проведение эксперимента требует большого внимания и тщательности. Прежде чем приступить к выполнению основной части работы, следует провести пробные опыты, приближенное моделирование для проверки методики и схемы эксперимента. В экспериментальной части научных исследований почти всегда встречаются факторы, которые не были учтены в начале работы и которые могут осложнить работу в процессе ее выполнения. Мелочей в научных исследованиях не бывает, малейшая неясность, недосмотр могут стать причиной дальнейших больших просчетов и неудач. При проведении предварительных опытов окончательно отрабатывается методика эксперимента, вносятся изменения в теоретические расчеты. В то же время планируется порядок проведения всей работы. Последовательность операций, способы обработки результатов. Нужно очень серьезно и критически относиться к полученным результатам. Иногда после одного опыта получают хорошие данные. Однако необходимо повторить в подобных условиях опыт и только после этого делать выводы.

3.1.4 Обработка результатов эксперимента

Все записи, включая и черновые, при выполнении НИР рекомендуется делать в журнале большого формата 203x288 мм. Экспериментальные результаты записываются в развернутые таблицы, информационная полнота которых заранее продумывается. В таблицу вносятся все опытные данные и все результаты промежуточных и окончательных расчетов с указанием условий, даты и времени проведения работы. Такая подробная таблица необходима для полного представления об условиях опыта, так как конечная расчетная величина не дает этого представления. Последовательность в занесении показаний приборов очень важна в случае обработки опытных данных через какой-то промежуток времени. После эксперимента необходимо проанализировать полученные результаты и сделать соответствующие выводы из работы. Для удобства анализа таблицу экспериментальных результатов необходимо обработать и составить таблицу изучаемой зависимости, в которой число значащих цифр должно соответствовать точности опыта. Для большей наглядности на основании табличных данных строят график. При построении очень важно выбрать правильное соотношение масштабов по осям X и Y , так как это облегчит вывод закономерности. Если одна из переменных изменяется в исследуемом интервале на несколько порядков, то рекомендуется использовать полулогарифмический масштаб. На график наносятся точки с их областями ошибок и через области ошибок проводится плавная кривая. Если интервал между точками велик, то можно использовать методы интерполяции. Для количественной оценки правильности проведения кривой и выбора из нескольких вариантов лучшего можно применить метод наименьших квадратов. Исследуемая кривая анализируется, выявляется исследуемая закономерность и вскрываются причины зависимости. Результаты эксперимента, проиллюстрированные графически, следует представить в аналитической форме. Связь между исследованными величинами можно выразить полуэмпирической, эмпирической или теоретической формулой.

3.2 Структура курсовой работы

Курсовая работа должна содержать:

1. текстовый документ (ТД);
2. графический материал.

Объем текстового документа, подготавливаемого студентом в процессе выполнения курсовой работы, составляет приблизительно 20-30 страниц машинописного текста формата А4.

Чертежи, входящие в работу, должны строго соответствовать требованиям ЕСКД.

При оформлении курсовой работы следует пользоваться стандартом вуза ОС ТУСУР 01-2021, где сформулированы правила оформления курсовых и дипломных проектов (работ) [7].

3.3 Общие рекомендации по организации работы

Организация работы по курсовому проектированию со стороны студента заключается в планировании и самоконтроле выполнения КР, во взаимодействии с руководителем проектирования

Планирование работы на среднесрочную перспективу (1-2 недели) имеет смысл вести в письменной форме (или электронной форме), с тем чтобы были очевидны при подведении текущих итогов работы и достижения, и промахи. Это позволяет постоянно чувствовать ритм работы и ее соответствие долговременному плану (КР), корректировать оперативные планы работы на краткосрочную перспективу. Кроме того, такие планы позволят более целенаправленно использовать время еженедельных встреч с руководителем курсовой работы, особенно если итоги работы по этим планам подводятся накануне встреч с руководителем. При составлении среднесрочных планов следует постоянно учитывать отмеченный выше риск невыполнения КР и пути его минимизации.

При планировании и выполнении работ не следует спешить. Поспешные решения могут повлечь за собой ошибки и привести к дополнительным затратам времени. Ни в коем случае не следует откладывать оформление КР на последний месяц семестра.

Систематическая работа над оформлением результатов, тщательное планирование и выполнение текущих работ, вынесение наиболее трудоемких работ на первый план в начале разработки создают необходимый деловой настрой, повышают производительность труда и являются залогом успешного и своевременного выполнения и защиты КР.

При защите КР студент не имеет права обосновывать принятые решения ссылками на рекомендации руководителя (обоснования должны быть технически аргументированы!).

Регулярное взаимодействие студента с руководителем курсовой работы позволяет вводить коррективы в планирование работы над КР, нормализовать психологический климат и избегать чрезвычайных ситуаций. Кроме того, оно дает возможность своевременно корректировать техническое задание (в случае необходимости).

Для обеспечения нормальной организации работы на этапе разработки рекомендуется завести рабочую тетрадь (РТ), в которой регулярно фиксировать:

1. используемые литературные источники,
2. краткую информацию по используемым литературным источникам,
3. список задач, которые должны быть решены в процессе курсовой работы, основные вопросы, возникающие в процессе работы,
4. расчетные формулы, интересные факты, описание функций, модулей и используемых данных.

Список рекомендуемой литературы

1. Сиротин Ю.И., Шаскольская М.П. Основы кристаллофизики – М.: Наука, 1975. – 640 с.
2. Шепелевич В.В. Введение в когерентную оптику и голографию – Минск: Выш. шк., 1985. – 144 с.
3. Одулов С.Г., Соскин М.С., Хижняк А.И. Лазеры на динамических решетках: Оптические генераторы на четырехволновом смешении. – М.: Наука, 1990. – 272 с.
4. Петров М.П., Степанов С.И., Хоменко А.В. Фоторефрактивные кристаллы в когерентной оптике. – СПб.: Наука, 1992. – 320 с.
5. Стурман Б.И., Фридкин В.М. Фотогальванический эффект в средах без центра симметрии и родственные явления. – М.: Наука, 1992. – 208 с.
6. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика: Учебное пособие в 10 т. – Т. VIII. Электродинамика сплошных сред. – М.: Наука, 1992.
7. Образовательный стандарт вуза ОС ТУСУР 01-2021. Работы студенческие по направлениям подготовки и специальностям технического профиля. Общие требования и правила оформления от 25.11.2021 [Электронный ресурс]. <https://regulations.tusur.ru/documents/70> (Дата обращения: 06.05.2024)
8. Шандаров, С. М. Введение в оптическую физику: Учебное пособие / С. М. Шандаров, Н. И. Буримов, А. С. Акрестина. – Томск: ТУСУР, 2023. – 252 с.

Приложение 1

(справочное)

Примеры заданий на курсовую работу расчетного типа

Задание № 1 на курсовую работу «Распространение световых волн в двуосном кристалле симметрии $mm2$ в поперечном электрическом поле»

Используя систему алгебраических уравнений для компонент единичного вектора поляризации

$$\left[n^2 (\delta_{ij} - m_i m_j) - \varepsilon_{ij}^r \right] e_j = 0$$

плоской световой волны

$$\vec{E}(\vec{r}, t) = E^m \vec{e} \exp \left[i(\omega t - \vec{k} \cdot \vec{r}) \right],$$

найти её комплексную векторную амплитуду на выходе кристалла симметрии $mm2$:

а) при внешнем поперечном электрическом поле с напряженностью E^0 , приложенном к кристаллу

б) при $E^0 = 0$

Диэлектрическая проницаемость кристалла определяется выражением

$$\varepsilon_{mk}^r = \varepsilon_{mk}^{0r} - \varepsilon_{mi}^{0r} \varepsilon_{rj}^{0r} r_{ijk} E_k^0.$$

Здесь отличны от нуля следующие компоненты тензора линейного электрооптического эффекта кристалла: $r_{131} = r_{311} = r_{51}$, $r_{232} = r_{322} = r_{42}$, $r_{113} = r_{13}$, $r_{223} = r_{23}$, $r_{333} = r_{33}$. Компоненты тензора относительной диэлектрической проницаемости невозмущенного кристалла на частоте световой волны определяются как $\varepsilon_{mk}^{0r} = \delta_{mk} n_k^2$, где δ_{mk} – единичный симметричный тензор второго ранга и n_1, n_2, n_3 – показатели преломления для световых волн, поляризованных по осям x, y и z , соответственно.

Исходные данные:

1. Параметры кристалла:

1.1. Кристалл KTiOPO_4 с размерами 10 мм вдоль оси $[100]$ и 2 мм вдоль оси $[001]$.

1.2. $n_1 = 1,7400$, $n_2 = 1,7469$, $n_3 = 1,8304$, $r_{13} = 8,8$ пм/В, $r_{23} = 13,3$ пм/В, $r_{33} = 35,0$ пм/В, $r_{51} = 6,9$ пм/В, $r_{42} = 8,8$ пм/В.

1.3. $m \parallel [100]$, $E^0 \parallel [001]$.

2. Амплитуда приложенного к кристаллу внешнего электрического поля равна 1,2 кВ.

3. Световая волна имеет длину волны $\lambda = 1064$ нм и на входе кристалла её вектор поляризации ориентирован вдоль направления $[011]$.

Приложение 2

(справочное)

Примеры заданий на курсовую работу исследовательского типа

Задание 1 на курсовую работу «Исследование спектральных зависимостей коэффициента поглощения кристаллах силленитов, подвергнутых отжигу в вакууме и в воздушной атмосфере»

Содержание пояснительной записки:

1. Устройство и принцип работы спектрофотометра СФ – 56.
2. Методика измерения спектральных зависимостей коэффициента пропускания в режиме «Сканирование» и расчет коэффициента поглощения с учетом измеренного спектра пропускания и спектра отражения кристалла.
3. Экспериментальные результаты по исследованию спектральной зависимости коэффициента поглощения в кристаллах силленитов, подвергнутых отжигу в вакууме.
4. Моделью примесного поглощения и методика аппроксимации спектральных зависимостей коэффициента поглощения в кристаллах силленитов.
5. Результаты исследования спектральной зависимости коэффициента поглощения в кристаллах силленитов, подвергнутых отжигу в воздушной атмосфере.
6. Численная аппроксимация полученных спектральных зависимостей коэффициента поглощения.

Список рекомендуемых источников:

1. Петров М.П., Степанов С.И., Хоменко А.В. Фоторефрактивные кристаллы в когерентной оптике. – СПб: Наука, 1992. – 320 с.
2. Уханов Ю.И. Оптические свойства полупроводников. – М.: Наука, 1977. – 366 с.
3. Толстик А.Л., Матусевич А.Ю. Кистенева М.Г. и др. // Квант. электроника – 2007. – Т. 37. – с. 1027.
4. Малиновский В.К., Гудаев О.А., Гусев В.А., Детиненко С.И. Фотоиндуцированные явления в силленитах. – Новосибирск: Наука, 1990. – 160 с.
5. Пихтин А.Н. Оптическая квантовая электроника: Учебник для вузов. – М.: Высш. шк., 2001. – 573 с.
6. M. G. Kisteneva, A. S. Akrestina, S. M. Shandarov, S. V. Smirnov, O. N. Bikeev, K.P. Lovetskii, and Yu. Kargin. Photo- and Thermoinduced Changes of the Optical Absorption in $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ Crystals // Journal of Holography and Speckle. – 2009. – V.5. – № 3. – P. 280-285.
7. Кистенева М.Г., Шандаров С.М., Акрестина А.С., Попугаева В.В., Смирнов С.В. Фото- и термоиндуцированные изменения поглощения света в кристалле титаната висмута, легированном алюминием // Известия вузов. Физика. – 2010. – №9/3 – 145-146 с.
8. А.С. Акрестина, Е.С. Гриднева, Д.О. Сивун, М.Г. Кистенева, С.М. Шандаров Ю.Ф. Каргин. Влияние температурного отжига на спектральные зависимости оптического поглощения в кристалле силиката висмута // Труды шестой международной конференции молодых ученых и специалистов «Оптика-2009». Санкт-Петербург, 19-23 октября 2009./ Под редакцией проф. В.Г. Беспалова, проф. С.А. Козлова. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2009. – 285-288 с.